

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.Н. Юлин, П.И. Кашперюк, Е.В. Манина

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

*Под редакцией доктора технических наук,
профессора А.Д. Потапова*

Москва 2013

УДК 624.1
ББК 26.3
Ю 34

Р е ц е н з е н т ы:

кандидат геолого-минералогических наук *Н.А. Филькин*,
зав. кафедрой инженерной геологии, механики грунтов,
оснований и фундаментов МГАКХиС;
А.А. Ермаков, генеральный директор ООО НПФ «СИВС»

Юлин, А.Н.

Ю 34 Инженерная геология и геоэкология : учебное пособие /
А.Н. Юлин, П.И. Кашперук, Е.В. Манина ; М-во образования
и науки Росс. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. Москва :
МГСУ, 2013. 116 с.

ISBN 978-5-7264-0586-5

Отражены основные положения анализа материалов инженерно-геологических изысканий для строительства, приведена методика построения геолого-литологических и инженерно-геологических разрезов, а также геологических карт. Изложены требования к содержанию пояснительной записки по инженерно-геологическим изысканиям, составлению технического задания и программы на изыскания. Все основные разделы, касающиеся оценки оснований для последующего проектирования фундаментов, сопровождаются справочным материалом из действующих нормативных документов.

Для студентов вузов, обучающихся по профилям «Основания и фундаменты зданий и сооружений» и «Инженерные изыскания для строительства», выполняющих курсовое проектирование, а также для инженерно-технических работников проектных и изыскательских организаций.

УДК 624.1
ББК 26.3

ISBN 978-5-7264-0586-5

© ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основания и фундаменты являются неотъемлемой частью любого здания и сооружения. Грамотное устройство подземной части позволяет обеспечить долговечность и надежность всего сооружения, при этом наиболее экономично запроектировать и возвести его подземный контур с учетом требований охраны окружающей среды.

Проектирование и строительство фундаментов возможно лишь при наличии достаточно представительной и достоверной информации об инженерно-геологических условиях застраиваемой территории. Анализ материалов инженерно-геологических изысканий позволяет принять решение о рациональном размещении сооружений на застраиваемой территории, о возможности и экономичности его заглубления, выбрать тип и параметры фундаментов, назначить эффективные методы их возведения, осуществить мероприятия, обеспечивающие долговечность сооружения и охрану окружающей среды.

Данное учебное пособие написано в соответствии с программами курсов «Инженерная геология» и «Геоэкология» для студентов вузов, обучающихся по специальности 271102 «Промышленное и гражданское строительство» (профили «Основания и фундаменты зданий и сооружений» и «Инженерные изыскания для строительства») и преследует следующие цели. Во-первых, помочь студентам научиться анализировать материалы инженерно-геологических изысканий (геоморфологические и гидрогеологические условия территории, её геологическое строение, происходящие геологические процессы) для последующего принятия решений по строительному освоению территории. Во-вторых, научить будущих проектировщиков составлять техническое задание на проведение инженерно-геологических изысканий, а также оценивать достаточность и достоверность материалов, получаемых при изысканиях, на основании анализа программы изысканий.

Указанные цели достигаются за счет получения студентами навыков самостоятельной первичной обработки результатов инженерно-геологических изысканий при построении геологических разрезов и карт, написания пояснительной записки к ним с оценкой тех или иных геологических факторов и рекомендациями по влиянию этих факторов на выбор строительного решения. Кроме того, студент, выступая в роли проектировщика, составляет техническое задание на проведение инженерно-геологических изысканий под конкретное сооружение, а далее на его основе составляет программу изысканий с использованием нормативных документов. В учебном пособии приводится значительный объём информации из нормативных документов, что позволяет студентам наиболее полно охарактеризовать геологические условия территории, предлагаемой к строительному освоению, принять решение по выбору типа фундаментов и дать рекомендации по размещению сооружений на площадке, прокладке дорог и коммуникаций, выбору мероприятий по охране окружающей среды.

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

От инженерно-геологических условий застраиваемого участка зависит выбор конструкции подземного контура сооружения, технология его возведения и режим эксплуатации. Сооружение, в свою очередь, оказывает влияние на природную геологическую и гидрогеологическую обстановку, вызывая её негативное изменение, что может вредно отразиться на эксплуатации как самого сооружения, так и прилегающей к нему территории.

Таким образом, геологические условия территории существенно влияют на капиталовложения в её освоение за счет как стоимости самого возводимого сооружения, так и дополнительных затрат на организацию мероприятий по недопущению негативных изменений природной среды.

Оценка целесообразности затрат, принятие конструктивных решений при проектировании сооружений и установление объема инженерных мероприятий по сохранению природной среды на застраиваемой территории требуют проведения инженерно-геологических изысканий, анализ материалов которых позволяет:

- оценить инженерно-геологические условия возведения сооружений (рельеф, характер залегания грунтов, их свойства, водонесные горизонты и их параметры, геологические процессы), сравнить по инженерно-геологическим условиям выбранные для строительства участки, установить возможное влияние сооружений на состояние и свойства грунтов, гидрогеологические условия, развитие геологических процессов и устойчивость территории в целом;
- выбрать конструктивное решение подземного контура сооружений, технологию их возведения, установить характер и объем инженерных мероприятий, обеспечивающих устойчивость и эксплуатационную надежность сооружений и прилегающих территорий.

Основной целью курсовой работы является получение студентами навыков обработки первичных данных инженерно-геологических изысканий, их оценки с целью выбора наиболее выгодного места расположения сооружений, прогноза изменения геологической и гидрогеологической обстановки под их воздействием, выдачи соответствующих рекомендаций по недопущению негативных изменений геологической среды, а также принятия конструктивных решений по подземному контуру сооружений и технологии его возведения.

1. СОСТАВ ЗАДАНИЯ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Задание, выдаваемое студенту, включает в себя:

- геологическую карту района (рис. 1);
- описание грунтов, встреченных при проходке скважин, приведенное в литолого-стратиграфической колонке (табл. 1);
- сведения о проходке буровых скважин (буровой журнал) (табл. 2);
- сведения о свойствах грунтов, приведенные в учебной и специальной литературе.

Геологическая карта района построена на топографической основе масштаба 1:10 000 и содержит стратиграфические границы, разделяющие области выхода на поверхность горных пород различного возраста и генезиса. На карту вынесены линии разрезов и места проходки скважин. В задании, в литолого-стратиграфической колонке (см. табл. 1), каждому описанному грунту, слагающему район, присвоен номер (графа 4 табл. 1) для сокращения объема бурового журнала (см. табл. 2), в котором полагается приводить описание литологического состава всех грунтов (сверху вниз), встреченных при проходке скважин. Вместо описания грунтов в буровом журнале введена графа «№ слоя» (графа 2, табл. 2), соответствующая аналогичной графе стратиграфической колонки (графа 4, табл. 1). Сведения о свойствах грунтов студенты берут из методических указаний по изучению горных пород, учебников «Грунтоведение», «Механика грунтов, основания и фундаменты», применяя навыки, полученные при выполнении лабораторных работ по курсу «Механика грунтов, основания и фундаменты», используя специальную литературу и СНИП.

Для оценки геологических процессов, протекающих на застраиваемой территории, студенты используют данные, приведенные на геологической карте района (см. рис. 1), сведения о литологическом составе грунтов и их свойствах, анализируя характер их залегания и гидрогеологические условия по построенным разрезам, картам и используя сведения из учебной литературы и курса лекций. Студенту предстоит построить геологический и два инженерно-геологических разреза, девять геологических карт с соответствующими условными обозначениями и составить пояснительную записку. Текстовую и графическую части работ допускается выполнять как от руки, так и с использованием компьютера.

В ходе работы студента над курсовой работой преподаватель может внести дополнительные сведения об особенностях участка, например, принять район асейсмичным или сейсмичным с фоновым баллом 7 или 8 для последующего проведения сейсмического микрорайонирования.

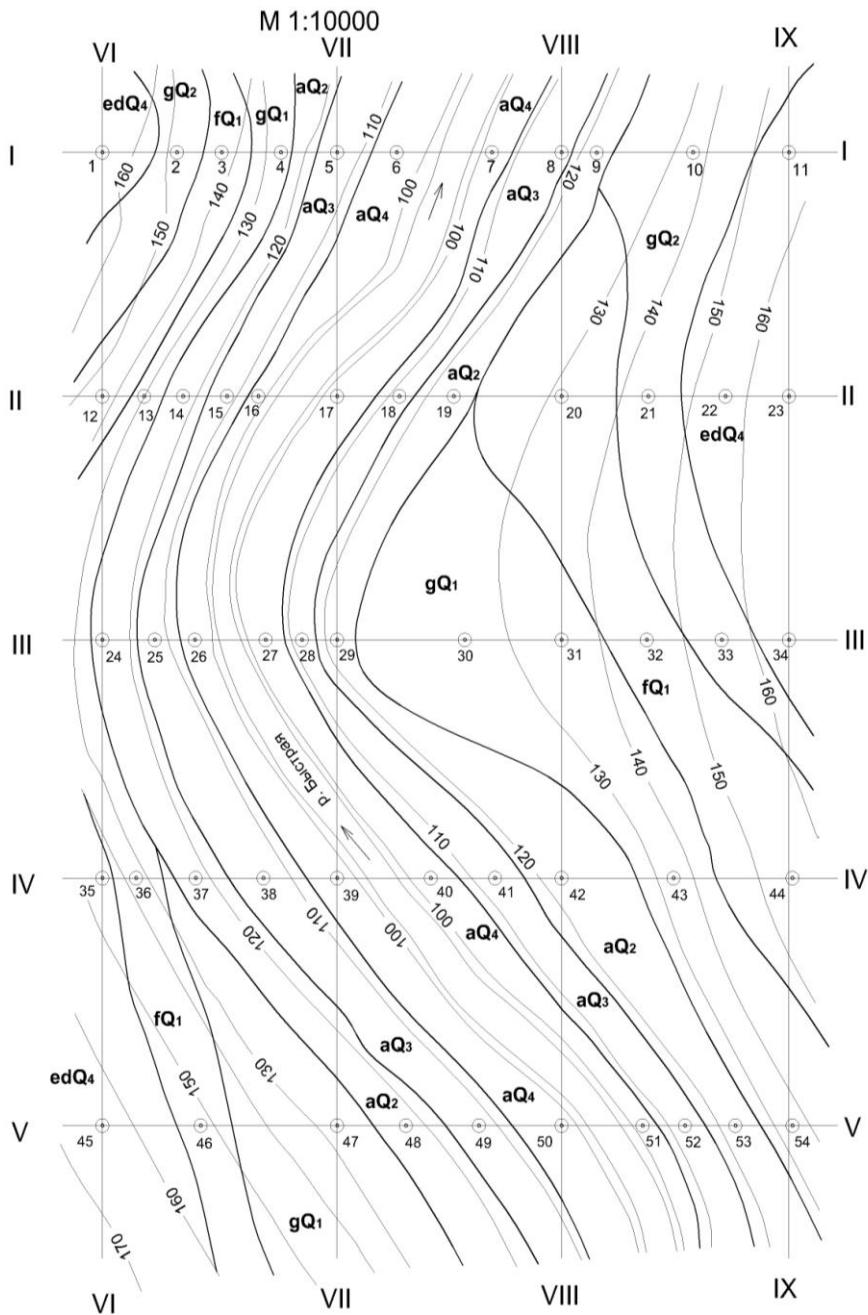


Рис. 1. Геологическая карта района

Таблица 1

Фрагмент литолого-стратиграфической колонки к карте

Геологический возраст			№ слоя	Литологич. обозначение	Описание пород
Эра	Период	Геол. индекс			
1	2	3	4	5	6
Кайнозойская	Четвертичный	ed-Q _v	1		Суглинок тяжёлый песчанистый, светло-коричневый, полутвёрдый, с примазками глины серой, с пятнами ожелезнения, с редкими включениями (до 5%) щебня и гравия
		a-Q _v	2		Торф слаборазложившийся, с полуразложившимися остатками растений
		a-Q _v	3		Супесь песчанистая, желтовато-коричневая, текучая
		a-Q _v	4		Песок мелкий, желтовато-коричневый, средней плотности, на границе рыхлого сложения, водонасыщенный, с включениями гравия и мелкой гальки до 5-8%
		a-Q _v	5		Песок крупный, желтовато-коричневый, средней плотности, водонасыщенный, с включениями гравия и гальки до 15%
		a-Q _ш	6		Суглинок лёссовидный, серовато-жёлтый, тугопластичный, с редкими тонкими прослойками и линзочками песка пылеватого, жёлтого, маловлажного
		a-Q _ш	7		Супесь песчанистая, палевая, пластичная, местами иловатая, с редкими включениями мелкого гравия
		a-Q _ш	8		Песок средней крупности, серовато-коричневый, средней плотности, водонасыщенный, с включениями гравия и гальки до 8%
		a-Q _ш	9		Супесь лёссовидная, желтая, твёрдая, просадочная
		a-Q _ш	10		Песок средней крупности, желтовато-коричневый, средней плотности, водонасыщенный, с включениями гравия внизу слоя до 10%

Таблица 2

Фрагмент бурового журнала к карте

№ скв	№ слоя	Геол. индекс	Абс. отг. устья скв.	Глубина залегания слоя		Глубина залегания подземных вод	
				Начало	Окончание	Уровень появления	Уровень установления
1	2	3	4	5	6	7	8
2	10	g-Q _ш	148,0	0,0	13,0	63,0	32,0
	11	f-Q _г		13,0	28,0		
	12	g-Q _г		28,0	63,0		
	14	K _г		63,0	78,0		
	15	J ₃		78,0	88,0 (забой)		
3	11	f-Q _г	142,0	0,0	14,0	52,0	28,0
	12	g-Q _г		14,0	52,0		
	14	K _г		52,0	73,0		
	15	J ₃		73,0	87,0		
	16	J ₃		87,0	102,0		

2. ВЫПОЛНЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

2.1. СОСТАВ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА И ТРЕБОВАНИЯ К ЕГО ОФОРМЛЕНИЮ

Графический материал к курсовой работе размещают на 2–3-х листах формата А1 и частично в объяснительной записке на листах формата А4. На первом листе формата А1 размещают геологический и два инженерно-геологических разреза с соответствующими условными обозначениями (прил. 1, 2). На втором и третьем листах формата А1 размещают восемь геологических карт по застраиваемой территории (прил. 3):

- геоморфологическая карта;
- карта мощности четвертичных отложений;
- карта-срез на глубине заложения фундаментов;
- карта кровли коренных пород;
- карта гидроизогипс;
- карта гидроизобат;
- карта распространения геологических процессов на застраиваемой территории;
- карта районирования застраиваемой территории с соответствующими условными обозначениями.

К картам приводятся условные обозначения (см. прил. 1, 2). К соответствующим разделам пояснительной записки на формате А4 прикладываются: геоморфологическая карта района; схемы истории развития района.

2.2. ПОДГОТОВКА К ПОСТРОЕНИЮ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

Геологический разрез следует прежде построить начерно на миллиметровке, а после консультации с руководителем курсовой работы перенести его на ватман. Для построения разреза рекомендуются масштабы: вертикальный 1:1000, горизонтальный 1:5000 (рис. 2).

Перед построением разреза на листе миллиметровки следует построить в масштабе 1:5000 выкопировку с выданной в задании на курсовую работу геологической картой. Выкопировка (см. рис. 2) представляет собой часть геологической карты со всей имеющейся на ней информацией, расположенной вдоль заданной линии разреза.

Выкопировка с карты №31 по линии I-I . М 1: 5000

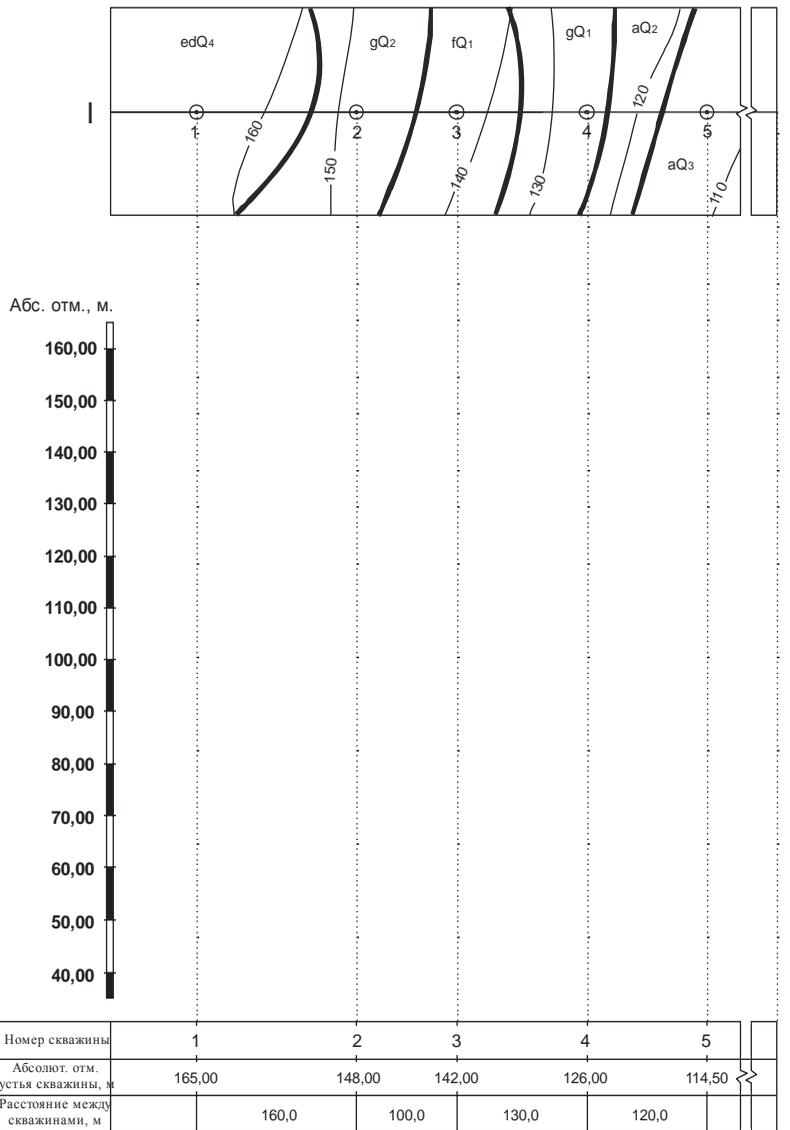


Рис. 2. Пример вынесения скважин на разрез

Таким образом, на выкопировке должны быть показаны горизонтали и их отметки, геологические границы, возраст и генезис пород, местоположение реки, её название и направление течения, местоположение и номера буровых скважин и другая имеющаяся на карте информация. Ширина выкопировки должна составлять 4–6 см, а её длина определяется длиной линии геологического разреза (см. рис. 1) в принятом масштабе.

Под выкопировкой строят геологический разрез. Вначале рисуют шкалу абсолютных отметок (см. рис. 2). Максимальная отметка на шкале должна быть на 10 м выше верхней точки рельефа на карте вдоль линии разреза, а минимальная — на 10 м ниже минимальной отметки забоя скважин, располагающихся на линии разреза. Для определения абсолютной отметки забоя скважины необходимо из абсолютной отметки устья скважины (графа 4 табл. 2) вычесть глубину скважины, соответствующую глубине окончания последнего слоя грунта, вскрытого скважиной (графа 6 табл. 2). Ниже и левее шкалы абсолютных отметок размечают трехстрочную таблицу (прил. 3), характеризующую буровые скважины. В таблице приводят номер скважины, абсолютную отметку устья скважины в метрах, расстояние между скважинами в метрах. Для заполнения граф необходимо с выкопировки снести на них местоположение скважин, отметив в верхней графе номера скважин, в средней — абсолютные отметки их устья в метрах, а между вертикальными линиями в нижней графе записывают расстояние между скважинами в метрах (см. рис. 2).

Непосредственное построение разреза начинают с рисовки топографического профиля. Точки на топографическом профиле соответствуют местам пересечения вертикальных линий мест пересечения горизонталей рельефа выкопировки геологической карты с заданной линией разреза, снесённых на поле построения разреза, с горизонтальными линиями, соответствующими абсолютным отметкам горизонталей (рис. 3). На поле построения разреза с выкопировки сносят вертикальные линии мест проходки скважин и на них точкой отмечают абсолютные отметки устья скважин. После этого плавной линией соединяют намеченные точки топографического профиля, абсолютные отметки устья скважин и точки с абсолютными отметками уреза воды в реке (см. рис. 3). На линиях скважин короткими поперечными штрихами отмечают забой скважин, рядом слева пишут глубину скважины, а справа — абсолютную отметку забоя.

Стратиграфические (возрастные) границы с выкопировки необходимо снести на линию топографического профиля. Справа и слева от точки на профиле, обозначающей границу залегания пород разного

Выкопировка с карты №31 по линии I-I . М 1: 5000

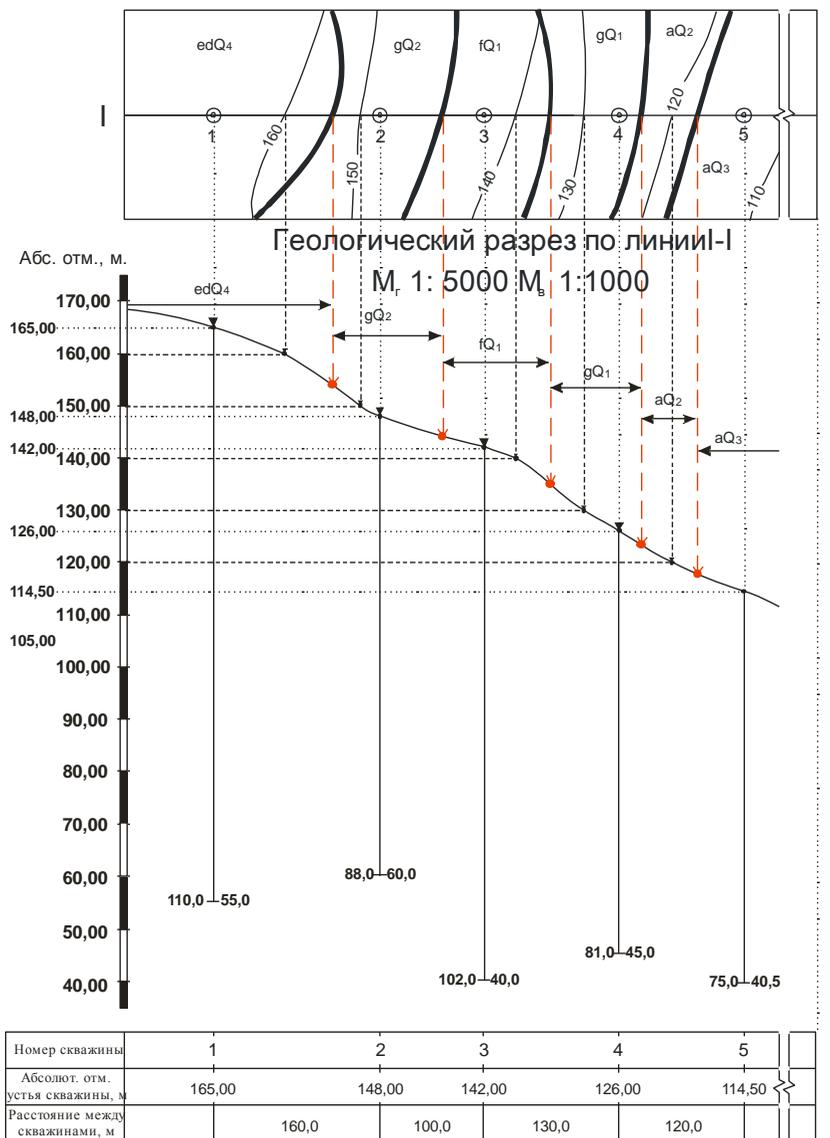


Рис. 3. Пример построения топографического профиля

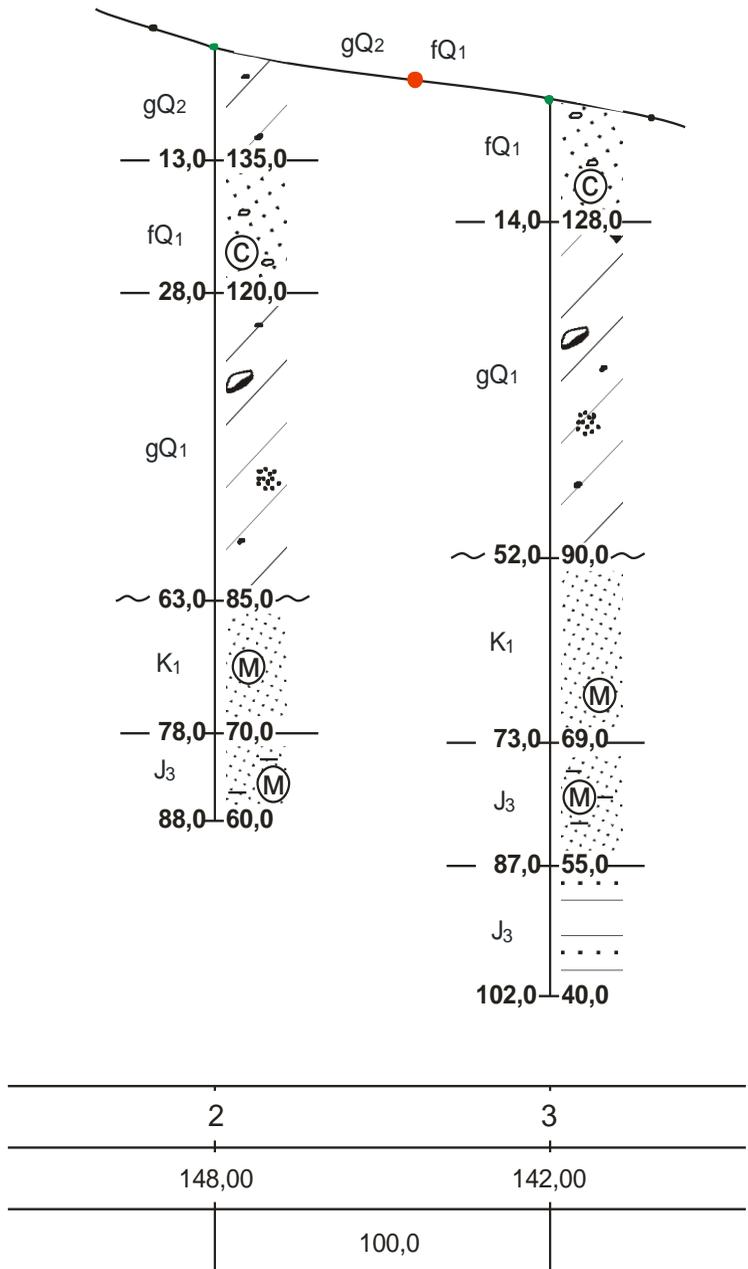


Рис. 4. Пример построения буровых колонок

возраста и генезиса, следует нанести соответствующие индексы, показанные на выкопировке (см. рис. 3). Затем строят колонки скважин. Колонкой называется последовательность залегания горных пород с указанием глубины (слева) и абсолютной отметки (справа) подошвы каждого встреченного при проходке слоя, литологического состава в виде соответствующей данному грунту штриховки или номера слоя и стратиграфического индекса в середине слоя (рис. 4).

2.3. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ГРАНИЦ НА РАЗРЕЗЕ

На геологический разрез наносят временные границы (стратиграфические и стратиграфического несогласия) и границы между разновозрастными отложениями разного литологического состава (литологические).

Прежде чем рисовать геологические границы, необходимо в самых общих чертах восстановить (понять) геологическую историю участка. Для этого следует обратиться к литолого-стратиграфической колонке (см. табл. 1). Сравнив последовательность эр и периодов в колонке задания с полной геохронологической шкалой (табл. 3), можно увидеть, что в колонке представлены не все возрастные подразделения. Некоторые периоды или даже эры на рассматриваемой территории не представлены горными породами. Это объясняется тем, что либо из-за ограниченной глубины скважинами не были вскрыты более древние породы, либо в пропущенные временные интервалы осадки не накапливались. Напротив, происходил размыв осадков, накопившихся ранее, с формированием рельефа, поверхность которого может иметь сложную форму. Осадки можно представить как поверхность суши, существовавшей на данной территории.

Между соприкасающимися комплексами горных пород, разоб- щенных по времени образования, проводят границу стратиграфического несогласия в виде толстой плавной волнистой линии. Если соприкасаются комплексы пород разного возраста, но без перерыва в накоплении осадков, то между ними проводят стратиграфические границы. Аналогичные границы проводят между четвертичными разновозрастными отложениями разного генезиса. Стратиграфические границы внутри комплексов всегда значительно проще. При ненарушенном тектоническими процессами залегании эти границы изображают прямыми толстыми горизонтальными линиями. При тектонических процессах эти границы наклонные или складчатые. Они представляют собой погребенный рельеф морского дна, который обычно ровнее, чем рельеф суши, так как неровности нивелируют при накоплении осадков.

Таблица 3

Геохронологическая шкала

Группа		Геохронологическая шкала				Абс. время, млн. лет		
Эоно-тема (эон)	Эра-тема (эра)	Система (период)	Цветовое обозначение	Отдел (эпоха)	Индекс	Начало периода	Продолжительность периода	
ФАНЕРОЗОЙ	Казнозойская (KZ)	Четвертичная (Q)	Желтовато-серый	Современный (голоцен) Верхний Средний Нижний	Q ₄ Q ₃ Q ₂ Q ₁	1,7	1,7	
		Неогеновая (N)	Лимонно-жёлтый	Верхний (плиоцен) Нижний (миоцен)	N ₂ N ₁	23	21	
		Палеогеновая (p)	Оранжево-жёлтый	Верхний (олигоцен) Средний (эоцен) Нижний (палеоцен)	p ₃ p ₂ p ₁	65	42	
	Мезозойская (MZ)	Меловая (K)	Зелёный	Верхний Нижний	K ₂ K ₁	135	70	
		Юрская (J)	Синий	Верхний Средний Нижний	J ₃ J ₂ J ₁	190	55-60	
		Триасовая (T)	Фиолетовый	Верхний Средний Нижний	T ₃ T ₂ T ₁	230	40	
	Палеозойская (PZ)	Пермская (P)	Оранжево-коричневый	Верхний Нижний	P ₂ P ₁	285	55	
		Каменноугольная (C)	Серый	Верхний Средний Нижний	C ₃ C ₂ C ₁	350	65	
		Девонская (D)	Коричневый	Верхний Средний Нижний	D ₃ D ₂ D ₁	405	55	
		Силурийская (S)	Серо-зелёный, светлый	Верхний Нижний	S ₂ S ₁	435	30	
		Ордовикская (O)	Оливковый	Верхний Средний Нижний	O ₃ O ₂ O ₁	480	45	
	Кембрийская (Є)	Голубовато-серый Тёмный	Верхний Средний Нижний	Є ₃ Є ₂ Є ₁	570	90		
	КРИПТОЗОЙ (докембрий)	Протерозой (PR)	—	Бледно-розовый	—	—	2600	2030
		Архей (AR)	—	Сиренево-розовый	—	—	3500	> 900

Примечание. Отделы периодов на картах отображаются тонами соответствующего стандартного цвета, т.е. верхние отделы закрашиваются светлым тоном, а нижние отделы — темным.

Внутри разновозрастных пород одинакового генезиса (происхождения) могут встречаться разные по составу и строению отложения. Их отделяют друг от друга литологическими границами в виде тонких плавных линий. Следует отметить, что границы стратиграфические и стратиграфического несогласия одновременно являются и литологическими. Как правило, литологические границы внутри комплексов пород параллельны стратиграфическим границам. Перед нанесением вышеперечисленных границ на разрез рекомендуется наметить их на стратиграфической колонке (см. табл. 1). После этого следует указать местоположение геологических границ в колонках буровых скважин на разрезе (см. рис. 4).

Выделение границ на разрезе необходимо начинать с границ стратиграфического несогласия, причем с нижней. После этого следует провести стратиграфические границы между коренными (дочетвертичными) отложениями, а затем — литологические. Если коренные породы выходят на поверхность земли, то и соответствующие стратиграфические границы будут заканчиваться на её поверхности. При проведении границ следует выдерживать их наклон и не подводить границы к забоям коротких скважин, так же как нельзя ограничивать разрез снизу линией, соединяющей забои скважин, в связи с тем, что при бурении порода могла быть пройдена не на всю мощность.

Закончив работу с коренными (дочетвертичными) отложениями, приступают к изображению четвертичных отложений. Четвертичные отложения различного генезиса (происхождения) накапливаются как в континентальных условиях, где образование осадков сопровождается их размывом, так и в морских. Могут быть гляциальные (ледниковые) — gQ , флювиогляциальные (водно-ледниковые) — fQ , аллювиальные (речные) — aQ , элювиальные — eQ , делювиальные — dQ и другие генетические типы отложений различных эпох (Q_1 , Q_2 , Q_3 и Q_4) четвертичного периода (табл. 4). Каждый генетический тип континентальных четвертичных отложений даже одной эпохи отделен от других поверхностью размыва. Главное в изображении четвертичных отложений на разрезе — правильная рисовка поверхности размыва. В этом помогают формы современного рельефа, которые частично совпадают с изображаемыми поверхностями или являются их продолжением. Поэтому при анализе условий залегания четвертичных отложений следует обратить особое внимание на рельеф местности. Сведения об отдельных местах расположения границ размыва, кроме рельефа и геологических границ на карте, дают результаты проходки буровых скважин, по которым устанавливают мощность пород того или иного генезиса и возраста.

Наиболее просто изображают делювиальные и элювиальные отложения, которые «чехлом» переменной мощности покрывают водоразделы и склоны. К подошве склонов мощность делювия обычно увеличивается, и он может частично перекрывать в этом месте более древние четвертичные породы, например аллювиальные надпойменных террас.

Т а б л и ц а 4

Генетические типы четвертичных отложений

Название	Индекс	Рекомендуемый цвет при закраске	Название	Индекс	Рекомендуемый цвет при закраске
Вулканические	β	Розовый	Аллювиальные	a	Зеленый
Морские	m	Синий	Озерные (лимнические)	l	Голубой
Техногенные (антропогенные)	k	Светло-серый	Озерно-аллювиальные	$l-a$	Цвет морской волны
Элювиальные	e	Сиреневый	Болотные	h	Темно-серый
Делювиальные	d	Оранжевый	Ледниковые (гляциальные)	g	Коричневый
Элювиально-делювиальные	$e-d$	Малиновый	Водно-ледниковые (флювиогляциальные)	f	Болотный
Оползневые	dp	Желтовато-коричневый	Эоловые	v	Желтый
Покровные	pr	Малиновый	Солифлюкционные	s	Красный
Проллювиальные	p	То же	Лёссовые	L	Серый

Примечания. 1. Возраст горных пород (отделы четвертичного возраста) отображают на картах четвертичных отложений оттенком соответствующего цвета генетического типа отложений. Светлыми тонами изображают более молодые отложения, темными – наиболее древние.

2. Происхождение горных пород может быть смешанным. В этом случае генетический тип обозначают составным индексом, например, озерно-аллювиальные ($l-a$), элювиально-делювиальные ($e-d$).

Сложнее изобразить аллювиальные отложения. Они залегают в дне долины, выработанной речной эрозией. Располагающийся под аллювиальными отложениями контур эрозионного вреза является продолжением видимых бортов (склонов) долин. Аллювиальные отложения могут быть «вложены» не только в коренные породы, но и в более древний комплекс аллювия той же реки. Наиболее древний комплекс аллювиальных отложений ранее перекрывал всю ширину долины. В настоящее время он сохранился в виде наиболее древней речной тер-

расы. Линия раздела между отложениями смежных вложенных террас является обычно продолжением участка уступа более древней по возрасту (более высокой) террасы. Нижняя граница аллювиальных отложений каждой террасы определяется по данным бурения и часто бывает негоризонтальной с уклоном в сторону русла реки. Для аллювия обычно характерно горизонтальное залегание слоев в пределах каждой террасы, т.е. литологические границы горизонтальны.

Чтобы правильно изобразить ледниковые, водно-ледниковые и оползневые отложения, необходимо представить себе условия их образования и, прежде всего, условия формирования поверхности, на которой покоятся эти отложения. После нанесения всех геологических границ необходимо нанести сведения о подземных водах, не показывая штриховку литологического состава пород.

2.4. НАНЕСЕНИЕ НА РАЗРЕЗ СВЕДЕНИЙ О ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ

На разрез наносят данные о подземных водах, встреченных при проходке скважин (см. графы 7, 8 табл. 2). Подземные воды могут быть безнапорными (грунтовые, верховодка, межпластовые), их поверхность на разрезах изображают в виде пунктирной линии, и напорными (межпластовые), чью поверхность установления (пьезометрический уровень) изображают в виде штрих-пунктирной линии, соединяющей концы стрелок, изображаемых у скважин с длиной, равной величине напора воды в скважинах.

Нанесение сведений о подземных водах начинают с построения их уровней у каждой скважины. Для безнапорных вод уровень появления и установления воды, зафиксированный при проходке скважин, одинаков (в графах 7 и 8 табл. 2 стоят одинаковые глубины), он отмечается на скважине, изображенной на разрезе, коротким штрихом (для наглядности лучше синего цвета). Для напорных вод уровни появления и установления не одинаковы. При бурении вначале фиксируют глубину, на которой появляется вода, а затем, после остановки проходки скважины, — установившийся в ней подъем уровня подземных вод. Для таких вод на разрезе рядом со скважиной (справа) на глубине, соответствующей уровню появления, делают штрих, а на глубине, соответствующей уровню установления, ставят точку. Нижний штрих соединяют с точкой прямой линией со стрелкой в верхней части. Эта линия показывает величину напора воды в скважине. Так как уровень подземных вод в течение года может меняться, то рядом с уровнем установления подземных вод у скважин ставят абсолютную отметку этого уровня и дату замера.

При проведении линии уровня подземных вод и установлении мощности водоносных горизонтов необходимо проанализировать горные породы с позиций их водопроницаемости и оценить наличие связи между ними или отсутствие связи, если они разделены водоупорами (водонепроницаемыми породами). В случае, если склон коренного берега сверху сложен водопроницаемой породой, лежащей на водоупоре, то в ней может сформироваться грунтовый водоносный горизонт. При этом он может разгружаться (т.е. выходить на поверхность земли) на склон в виде родников. Грунтовый водоносный горизонт, формируемый на разных террасах, разгружается в реку, т.е. уровень грунтовых вод будет примыкать к поверхности воды в реке. Если в водопроницаемых (водовмещающих) породах безнапорного горизонта на отметках залегания уровня подземных вод на разрезе в некоторых местах залегают линзы или прослои водонепроницаемых пород, то в этих местах может возникать местный напор.

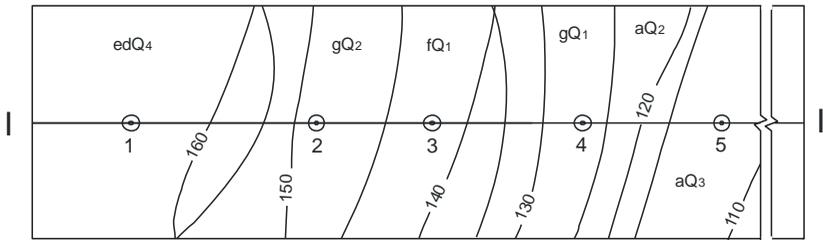
Синей штриховкой или слабой окраской следует показать объем пород, занятых свободной водой. Этот объем располагается для безнапорных водоносных горизонтов ниже уровня подземных вод до водоупора, а для напорных горизонтов располагается во всех водовмещающих породах, лежащих между верхним и нижним водоупорами того или иного напорного водоносного горизонта.

Нанеся на разрез все водоносные горизонты, необходимо проверить, нет ли мест, где горизонты соединяются между собой. Места соединения водоносных горизонтов называют гидрогеологическими окнами. В них происходит перетекание воды (разгрузка) из одного горизонта в другой. Если такие окна есть на разрезе, то место контакта горизонтов следует показать синей линией, а пересекающими ее стрелками указать движение воды.

2.5. ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ РАЗРЕЗА

После того, как на разрезе проведены все геологические границы, глубины и абсолютные отметки забоя и подошвы пластов, представлены генетические и возрастные индексы (их лучше помещать в круглое или квадратное поле в середине пласта, по 1–2 на пласт), нанесена гидрогеологическая обстановка, необходимо нанести штриховку в соответствии с установленными требованиями к оформлению графического материала (см. прил. 1, 2). Штриховку следует делать в соответствии с действительным наклоном слоёв, который совпадает с наклоном стратиграфических границ, заключенных внутри возрастных комплексов. В местах, где на разрезах показана цифровая и буквенная информация, штриховку не наносят (рис. 5).

Выкопировка с карты №31 по линии I-I . М 1: 5000



Абс. отм., м.

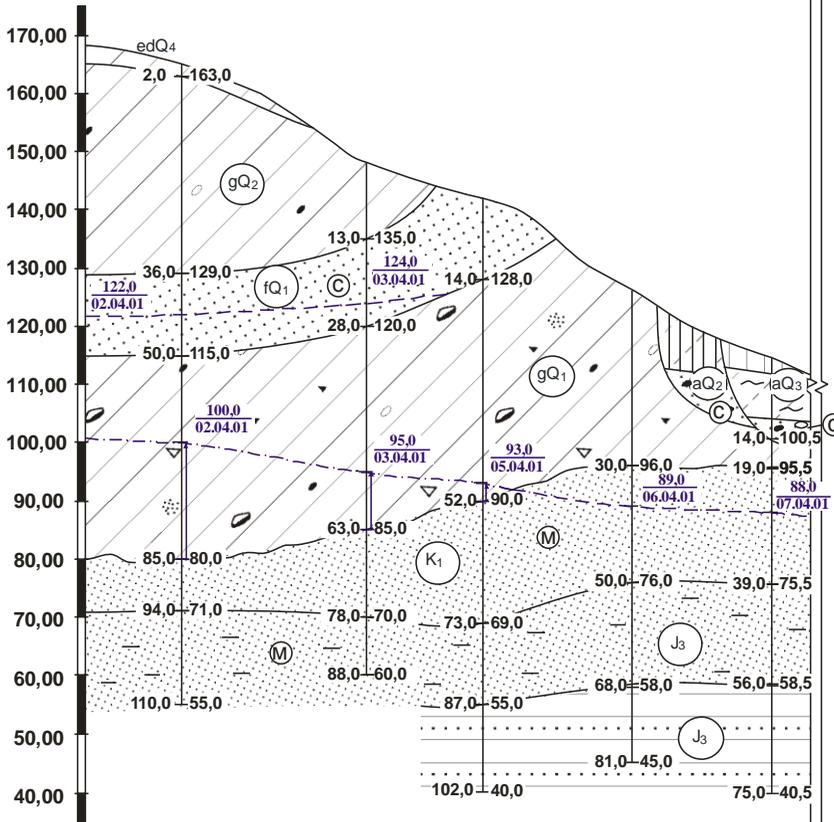


Рис. 5. Пример оформления геолого-литологического разреза

2.6. ПОСТРОЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

Инженерно-геологический разрез отличается от геологического тем, что он несёт информацию о состоянии (по степени водонасыщения, по консистенции, по плотности сложения и степени выветрелости) грунтов и их основных свойствах. Поэтому на нём кроме обычных геологических границ (стратиграфических, литологических), показывают границы, разделяющие грунт одного и того же литологического состава на составные элементы по их состоянию, а следовательно, и по физико-механическим свойствам.

При выполнении работы инженерно-геологические разрезы рекомендуется строить на глубину до 30–50 м, в масштабах: горизонтальный 1:5000, вертикальный 1:500.

Каждый выделенный элемент, а часто и полностью слой грунта того или иного литологического состава, находящийся в одном состоянии, называется инженерно-геологическим элементом (ИГЭ).

ИГЭ представляют собой генетически однородные геологические тела (слои, прослои, линзы и др.), для которых определённые показатели физико-механических свойств грунтов принимают усреднёнными в плане и по глубине.

Каждый грунт, обладая своим набором физических свойств, обладает и отличительной особенностью в отношении сопротивления разрушению и деформациям, что позволяет косвенно судить о прочности, деформируемости и устойчивости грунтов, а также об изменении этих характеристик под влиянием геологических и инженерно-геологических процессов и техногенных факторов. Определённое состояние грунта сохраняется в пределах некоторого интервала количественных изменений их физических свойств, что позволяет на инженерно-геологическом разрезе выделять инженерно-геологические элементы. Основные показатели физических свойств грунтов приведены в табл. 5.

Выделение инженерно-геологических элементов происходит поэтапно. На первом этапе при проходке скважин визуально, по внешним признакам (гранулометрический и минеральный состав, цвет, текстурные особенности, консистенция, уровень подземных вод), проводят предварительное разделение изучаемой толщи на ИГЭ. После проведения испытаний грунтов полевыми методами (статическое, динамическое, электродинамическое зондирование, вертикальное электродондирование, сейсмические методы и др.) уточняют границы выделенных ИГЭ. После выполнения лабораторных исследований грунтов, отобранных при проходке скважин, статистической обработки результатов проводят окончательное выделение ИГЭ.

**Основные характеристики физических свойств грунтов
для оценки их физического состояния**

Характеристики	Обозначение	Формула для вычислений	Ед. изм.
Плотность минеральной части породы	ρ_s	$\rho_s = m_1/V_1$	г/см ³ , т/м ³
Плотность породы	ρ	$\rho = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2}$	г/см ³ , т/м ³
Плотность скелета породы	ρ_d	$\rho_d = \frac{m_1}{V_1 + V_2}$	г/см ³ , т/м ³
при W , доли ед.		$\rho_d = \frac{\rho}{1+W}$	г/см ³ , т/м ³
при W , %		$\rho_d = \frac{\rho}{1+0.01 \times W}$	г/см ³ , т/м ³
Плотность породы под водой (вес породы облегчен выталкивающей силой, равной весу вытесненного объема воды)	ρ'	$\rho' = (\rho_s - 1)(1 - n)$	г/см ³ , т/м ³
Влажность весовая	W	$W = \frac{m_2}{m_1} = \frac{\rho - \rho_d}{\rho_d}$ $W = \frac{\rho - \rho_d}{\rho_d} \times 100$	доли ед., %
Влажность объёмная	W_0	$W_0 = W\rho_d$	доли ед., %
Полная влагоёмкость	W_n	$W_n = \frac{1}{\rho_d} + \frac{1}{\rho_s} = \frac{n}{\rho_s(1-n)}$ $W_n = \left(\frac{1}{\rho_d} + \frac{1}{\rho_s}\right)100 = \frac{n}{\rho_s(1-n)}100$	доли ед., %
Коэффициент водонасыщения (степень влажности)	S_r	$S_r = \frac{W}{W_n} = \frac{W\rho_s(1-n)}{n} = \frac{W\rho_s}{e\rho_d}$	Безразмерная
Пористость	n	$n = 1 - m = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}$	доли ед., %
Коэффициент пористости	e	$e = \frac{n}{1-n} = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$	Безразмерная

Характеристики	Обозначение	Формула для вычислений	Ед. изм.
Коэффициент пористости породы естественного сложения и влажности (начальный)	e_0	$e_0 = \frac{n}{1-n} = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$	Безразмерная
Коэффициент пористости породы, насыщенной водой при W в доли ед.	e	$e = W\rho_s$	То же
Объём пор в 1 см^3 породы	n	$n = \frac{e}{1+e} = 1 - m$	см^3
Объём минеральной части в 1 см^3 породы	m	$m = \frac{e}{1+e} = 1 - n$	То же
Объём газов в 1 см^3 породы при W в доли ед.	V_a	$V_a = \left(\frac{e}{\rho_s} - \frac{W}{\rho_w} \right) \rho_d$	»
Предел пластичности глинистой породы	W_p	Определяется опытным путем	%
Предел текучести глинистой породы	W_T	То же	%
Число пластичности	I_p	$I_p = W_T - W_p$	%
Показатель консистенции	I_L	$I_L = \frac{W - W_p}{I_p}$	Безразмерная
Показатель естественной уплотнённости глинистой породы	K_d	$K_d = \frac{e_T - e_0}{e_T - e_p}$	То же
Коэффициент относительной плотности песчаной породы	I_d	$I_d = \frac{e_{max} - e_0}{e_{max} - e_{min}} = \frac{(n_{max} - n)(1 - n_{min})}{(n_{max} - n_{min})(1 - n)}$	»
Коэффициент уплотнённости песчаной породы	U	$U = \frac{e_{max} - e_{min}}{e_{min}}$	»

Примечание. V_1 — объём минеральной части скелета породы; V_2 — объём пор в породе; m_1 — масса минеральной части скелета породы; m_2 — масса воды, полностью или частично заполняющей поры в породе.

После расстановки на разрезе мест отбора образцов грунта вырисовывают границы их распространения. Для анализа пространственной изменчивости свойств грунтов используют физические показатели, тесно связанные с механическими показателями грунта: для несвязных грунтов — гранулометрический состав, плотность частиц грунта, коэффициент пористости, степень водонасыщения; для связных грунтов — число пластичности, коэффициент пористости, влажность (консистенция); для скальных грунтов — предел прочности, степень трещиноватости, степень выветрелости, влажность (для сцементированных и размягчаемых грунтов). При этом для статистической обработки результатов и установления механических показателей необходимо иметь не менее шести численных определений для каждого выделяемого ИГЭ, а физических — не менее 10.

Мощность геологического тела при выделении ИГЭ должна быть не менее 0,5 м. Однако при проектировании возможна корректировка в расчленении толщи. Например, влияние наличия тонкой слабой глинистой прослойки в расчётах по деформациям при определении осадки сооружения будет несущественно, и выделение его в отдельный ИГЭ не требуется. Если же сооружение воспринимает существенные горизонтальные воздействия и по этому прослойку возможен его сдвиг, то для проведения расчётов по несущей способности прочностные характеристики прослойка будут необходимы, а следовательно, его надо выделять в отдельный ИГЭ.

Границы, отделяющие ИГЭ один от другого, проводят тонкими линиями, как и литологические границы. На скважинах отмечают глубину и абсолютную отметку границ. Для указания состояния грунтов на разрезах скважины рисуют не одной, а двумя параллельными линиями на расстоянии 2–3 мм одна от другой. Внутри изображения скважины, для выделенных ИГЭ, пространство между этими параллельными линиями заштриховывают в зависимости от литологического состава и состояния грунта (см. прил. 1).

Каждому выделенному ИГЭ присваивают порядковый номер, который в дополнение к обычной цифровой информации наносят на разрез. Внутри выделенных ИГЭ проставляют места отбора проб грунта и подземных вод, а на сносках (флажках) рядом с разрезом указывают значения основных параметров свойств грунтов (плотность или коэффициент пористости, число пластичности, показатель консистенции, степень влажности, угол внутреннего трения, удельное сцепление, модуль общей деформации, прочность на сжатие, коэффициент фильтрации). Часто всю эту информацию помещают в текстовой части в виде сводной геологической колонки с показателями свойств грунтов (табл. 6).

Пример сводной геолого-литологической колонки,

Геологический индекс	Сводный геолог. разрез и №№ ИГЭ	Мощность слоя, м	ОПИСАНИЕ ГРУНТОВ
1	2	3	4
ed-Q _v		0,0 - 2,0	Суглинок тяжёлый песчанистый, светло-коричневый, полутвёрдый, с примазками илы серой, с пятнами и ожелезнения с редкими включениями (до 5%) щебня и гравия
a-Q _v		0,0 - 1,5	Торф среднеразложившийся среднезольный пластичный
		0,0 - 3,8	Супесь песчанистая желтовато-коричневая текучая
		0,0 - 5,2	Песок мелкий, желтовато-коричневый средней плотности, на границе рыхлого сложения, водонасыщенный с включениями гравия и мелкой гальки до 5-8%
		0,0 - 6,4	Песок крупный, желтовато-коричневый средней плотности, водонасыщенный с включениями гравия и гальки до 15%
a-Q _{II}		0,0 - 5,0	Суглинок лёссовидный серовато-жёлтый, с редкими тонкими прослойками и линзочками песков пылеватых, жёлтых, маловлажных
		0,0 - 8,2	Супесь песчанистая палева, пластичная местами иловатая с редкими включениями мелкого гравия
		0,0 - 6,5	Песок средней крупности, серовато-коричневый средней плотности, водонасыщенный с включениями гравия и гальки до 8%
C _{3k}		2,2 - 6,5 и >	Известняк органогеннодетритовый светло-серый, кавернозный трещиноватый, средней прочности обводнённый

Примечания. 1. Плотность грунтов, залегающих ниже уровня подземных вод, приведена без учета взвешенного действия воды.

2. В числителе приведены нормативные показатели физико-механических свойств грунтов, в знаменателе — расчетные показатели, которые принимаются при односторонней доверительной вероятности $\alpha = 0,85$ (в скобках — значения показателей $\alpha = 0,95$).

Таблица 6

нормативных и расчетных показателей свойств грунтов

Плотность грунта ρ г/см ³	Плотность минер. частиц ρ_s г/см ³	Влажность		Число пластичности I_p	Показатель текучести I_L	Коеф. пористости e	Угол внутр. трения Ψ , град.	Удельное сцепление C кПа	Модуль деформации E , МПа		Отн. содержание орг. в-в, %	Коеф. фильтрации K_f м/сут
		природная W %	на гран. текуч. W_L %						природ.	водонас.		
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$\frac{1,97}{1,95}$ (1,94)	2,71	17,6	32,1	15,6	0,07	0,618	$\frac{18}{16}$ (15)	$\frac{38}{32}$ (30)	16,5	-	-	0,01
$\frac{1,03}{1,02}$ (1,01)	1,57	390	440	143	0,65	6,500	$\frac{19}{18}$ (16)	$\frac{1,4}{1,2}$ (1,1)	0,32	-	-	0,5
$\frac{1,96}{1,95}$ (1,94)	2,68	19,5	17,6	5,6	1,34	0,634	$\frac{24}{22}$ (21)	$\frac{14}{11}$ (10)	13,4	-	-	0,2
$\frac{1,92}{1,90}$ (1,89)	2,66	25,3	-	-	-	0,736	$\frac{33}{32}$ (30)	$\frac{4}{2}$ (1)	30,0	-	-	1,2
$\frac{1,98}{1,97}$ (1,96)	2,65	23,2	-	-	-	0,649	$\frac{36}{34}$ (32)	$\frac{0}{0}$ (0)	40,0	-	-	12,5
$\frac{2,00}{1,97}$ (1,96)	2,70	13,80	29,6	14,0	-0,13	0,536	$\frac{20}{19}$ (18)	$\frac{30}{26}$ (23)	18,4	-	-	0,01
$\frac{1,90}{1,88}$ (1,87)	2,67	15,1	16,4	3,8	0,66	0,617	$\frac{21}{19}$ (17)	$\frac{19}{17}$ (16)	15,0	-	0,5	0,1
$\frac{2,00}{1,98}$ (1,97)	2,65	22,1	-	-	-	0,618	$\frac{35}{33}$ (31)	$\frac{2}{0}$ (0)	35,0	-	-	6,8
$\frac{2,36}{2,33}$ (2,32)	-	9,3	$R_{сж\text{ сух}} = \frac{31,3}{29,0}$ (27,6)	$R_{сж\text{ вод.}} = \frac{19,9}{17,2}$ (15,4)		МПа;		МПа;		$K_{разм.} = 0,38$		

Оформление листа с геологическими разрезами заканчивают составлением условных обозначений к инженерно-геологическим разрезам, позволяющим определить место залегания, состав и состояние выделенных ИГЭ, возраст, генезис, все сведения о подземных водах, местах отбора проб грунта и воды, геологические границы (см. прил. 1, 2). В правом нижнем углу листа наносят штамп (см. прил. 3).

2.7. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ

Геоморфологическая карта несет информацию (местоположение, размеры, характер поверхности) о выделяемых на территории элементах рельефа, сформированных в результате проявления на ней тех или иных геологических процессов, и об их характеристике.

Рельеф — совокупность всех неровностей суши, дна океанов и морей. Формирование рельефа связано с воздействием на земную поверхность эндо- и экзогенных геологических процессов, а также техногенных (антропогенных) факторов.

По преобладающему фактору рельефообразования в рассматриваемом районе формы рельефа делят на эндогенные и экзогенные. Эндогенный рельеф имеет структурно-тектонические (материки, горные хребты, плато, грабены, горсты, океанские впадины и др.) и вулканические формы (вулканы, кратеры, грязевые вулканы, лавовые потоки и покровы и др.). Эндогенный рельеф, формируемый под действием множества внешних факторов (сил), жизнедеятельности организмов и техногенной деятельности человека, имеет множество форм (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

Генетические типы поверхностей (форм) рельефа (по А.И. Спиридонову)

Группа	Тип	Подтип	Примеры форм рельефа
<i>I класс — экзогенные формы</i>			
Гравитационная	Обвальные, осыпные	Поверхности денудации (срыва)	Навесы, обрывы, очень крутые склоны
		Поверхности аккумуляции	Конусы, шлейфы осыпания, обваливания
	Камнещеп-непотоковые	Поверхности денудации (срыва)	Склоны крутые, средней крутизны
		Поверхности аккумуляции	Щебневые шлейфы, конусы
	Оползневые	Поверхности денудации (срыва)	Оползневые цирки, стенка отрыва
		Поверхности аккумуляции (наползания)	Оползневые ступени, бугры

Группа	Тип	Подтип	Примеры форм рельефа
Делюви- альная	Солифлюк- ционные	Поверхности денудации (смыва-сплыва)	Склоны средней крутизны, пологие, уступы
		Поверхности аккумуляции (наплыва)	Бугры, подножия склонов
	Опывные	Поверхности денудации (смыва-сплыва)	Склоны средней крутизны, пологие
		Поверхности аккумуляции (наплыва)	Шлейфы подножий склонов
	Делюви- альные	Поверхности денудации (смыва)	Склоны средней крутизны, пологие
		Поверхности аккумуляции (намыва)	Делювиальные шлейфы
Речная (флюви- альная)	Грязепото- ковые	Поверхности денудации	Ложбины, ниши
		Поверхности аккумуляции	Бугры, конусы выноса пред- горий
	Временных водотоков	Поверхности эрозии (размыва)	Ложбины, русла, овраги
		Поверхности аккумуляции (намыва)	Овражные террасы, конусы выноса
	Речные	Поверхности эрозии (размыва)	Русла, старицы, уступы
		Поверхности аккумуляции (намыва)	Поверхности террас, дельт, аллювиальные равнины
	Ледниково- речные	Поверхности эрозии (размыва)	Русла, уступы, ложбины
		Поверхности аккумуляции (намыва)	Зандровые равнины, конусы выноса
Озёрная (лимни- ческая)	Временных озёр	Поверхности абразии	Уступы
		Поверхности аккумуляции	Равнины, такыры
	Озёрные	Поверхности абразии	Уступы, террасы
		Поверхности аккумуляции	Террасовые поверхности, донные равнины
	Ледниково- озёрные	Поверхности абразии	Уступы, террасы
		Поверхности аккумуляции	Террасовые поверхности, донные равнины
Морская	Морские	Поверхности абразии	Уступы, террасы
		Поверхности аккумуляции	Террасовые поверхности, донные равнины, береговые валы

Группа	Тип	Подтип	Примеры форм рельефа
Гляци- альная (ледни- ковая) и мерз- лотная	Мерзлотные	Поверхности обрушения, оседания	Ниши, воронки, блюдца
		Поверхности аккумуляции	Бугры, булгунняхы, наледи
	Снежно- вые (нивальные)	Поверхности эрозии	Впадины, ниши
		Поверхности аккумуляции	Пятна – медальоны, со- лифлюкционные террасы
	Горно- ледниковые	Поверхности экзарации	Кары, трогы, курчавые скалы
		Поверхности аккумуляции	Моренные холмы, гряды, боковые, конечные, средин- ные морены
Материково- ледниковые	Поверхности экзарации	Бараньи лбы, котловины, курчавые скалы	
	Поверхности аккумуляции	Моренные холмы, гряды	
Эоловая (ветро- вая)	Эоловые	Поверхности дефляции (развевания)	Котловины, межгрядовые понижения, ниши
		Поверхности аккумуляции (навевания)	Дюны, барханы, гряды, бугры
Карсто- вая	Суффози- онные	Поверхности выщелачи- вания (проседания, срыва)	Блюдца, колодцы, уступы, ниши
		Поверхности аккумуляции	Конуса выноса
	Карстовые	Поверхности выщелачи- вания (провалов, срыва)	Воронки, колодцы, шахты, кары
		Поверхности аккумуляции	Натёчные формы
Биоген- ная	Фитогенные	Поверхности разрушения	Кочковато-мочежинный, плоскобугристый
		Поверхности аккумуляции	Торфяноболотные равнины
	Зоогенные	Поверхности разрушения	Кораллоракушечниковые плато
		Поверхности аккумуляции	Коралловые рифы, атоллы
<i>II класс — эндогенные формы</i>			
Вулка- ническая	Грязевулка- нические	Поверхности взрыва (отрыва)	Кратеры
		Поверхности аккумуляции	Конусы, сопки
	Вулканиче- ские	Поверхности взрыва (отрыва)	Ниши, обрывы, кратеры
		Поверхности аккумуляции	Вулканические конусы, плато
Текто- ническая	Тектониче- ские	Поверхности разрыва	Уступы, ступени
Антро- погенная	—	Поверхности выработанные	Ямы, котлованы, канавы, карьеры, выемки
		Поверхности насыпные	Дамбы, плотины, насыпи

Формы рельефа по характеру образования делят на эрозионные, образовавшиеся в результате разрушения горных пород (речные долины, овраги), и аккумулятивные, образовавшиеся при накоплении разрушенных горных пород водным, ветровым или другими способами (речные террасы, барханы, дюны и др.). Формы рельефа образованы из различного сочетания элементов рельефа (табл. 8).

Т а б л и ц а 8

Элементы рельефа и их характеристики

Элемент рельефа	Характеристика элемента рельефа				
Поверхность	Горизонтальная	Наклонная	Выпуклая	Вогнутая	Сложная
Линия	Подошвенная	Бровка	Водораздельная	Водосливная	Изгиб
Точка	Отметка поверхности	Min и max отметки поверхности	Вершина (max отметка)	Впадина (min отметка)	Перевальная

По внешнему облику все формы рельефа подразделяются на положительные и отрицательные, замкнутые и незамкнутые, простые и сложные. К положительным (выпуклым по отношению к горизонту) относят горные хребты, холмы и др., к отрицательным (вогнутым) формам — речные долины, котловины, овраги и др. Замкнутые формы рельефа ограничены со всех сторон склонами (холм, гора, воронки и др.). Незамкнутые формы лишены склонов с одной или с двух сторон (овраг, конус выноса и др.). Простые формы рельефа состоят только из одной формы, в отличие от сложных, состоящих из ряда простых форм (горный хребет, овраг с отвержками и др.).

Определённое сочетание форм рельефа, закономерно повторяющихся на обширных пространствах поверхности земной коры, имеющих сходное происхождение, геологическое строение и историю развития, называют типом рельефа. Морфологическая классификация рельефа и морфологические комплексы их приведены в табл. 9 и 10.

Геоморфологическую карту строят с использованием геологической карты путем нанесения на неё границ, выделяемых в данном

районе элементов рельефа. Для выделения элементов рельефа необходимо оценить генезис и возраст четвертичных отложений, лежащих на поверхности земли, область их распространения, а также уклоны поверхности земли. Место на карте, где залегают отложения aQ_4 , является поймой реки, отложения aQ_3 формируют первую надпойменную террасу, aQ_2 – вторую надпойменную террасу. Борты долины реки, где уклоны поверхности земли значительные (частое расположение горизонталей на карте), образуют склоны коренных берегов. Выполаживание рельефа (разреженное расположение горизонталей на карте) говорит о начале непосредственно коренного берега.

Т а б л и ц а 9

Морфометрическая классификация рельефа (по М.Ф. Скрибнову)

Примитивная характеристика рельефа	Обобщенная характеристика рельефа	Характеристика рельефа водосбора	Класс рельефа	Средняя крутизна рельефа		
				$\sin \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	α , град
Равнины (0—7°)	Равнинный (0—1°)	Плоский	I	0-0,005	0-0,005	0-1/4
		Равнинный	II	0,01	0,01	½
		Волнистый	III	0,02	0,02	1
	Холмистый (1—7°)	Увалистый	IV	0,04	0,04	2
		Холмистый	V	0,07	0,07	4
		Сильно холмистый	VI	0,12	0,12	7
Горы (7—45°)	Гористый (7—24°)	Предгорный	VII	0,2	0,21	12
		Гористый	VIII	0,3	0,32	18
		Горный	IX	0,4	0,44	24
	Высотный (24—45°)	Высокогорный	X	0,5	0,58	30
		Высотный	XI	0,6	0,75	37
		Островеишинный	XII	0,7	1,00	45

Выделив таким образом геоморфологические элементы, между ними проводят условными знаками границы (см. прил. 1), указывают характерные уклоны поверхности земли (рис. В1 и В2)*. Выделенные геоморфологические элементы закрашивают соответствующими цветами (см. прил. 1), а к карте дают условные обозначения.

* Рис. В1 – В9 см. на цветной вклейке.

Морфологические комплексы рельефа (по А.И. Спиридонову)

Тип рельефа	Морфо-графические категории	Морфометрические категории						По углам склонов	
		по абсолютной высоте		по относительной высоте (глубина расчленения)		по густоте расчленений (удалённости водоразделов от ближайших базисов денудации)			
		Название	Перепад высот, м	Название	Перепад высот, м	Название	Перепад высот, м		
Равнинный, или плоская равнина (колебания высот до 10 м)	Волнистый, бугристый, гривистый, западный и пр.	Низкий	0—200	Очень мелкий	0—1	Очень слабо-расчлeнный	Более 2000	Очень пологий	0—1
		Возвышенный	200—500	Мелкий	1—2,5	Слаборасчлeнный	1000—2000	Среднепологий	1—2
Холмистый, или холмистая равнина (колебания высот до 10 м)	Волнистый, холмистый, увалистый, западный, балочный, долинный и пр.	Низкий	0—200	Мелкий	1—2,5	Средне-расчлeнный	2000—500—1000	Пологий	2—4
		Возвышенный	200—500	Средний	2,5—5,0	Средне-расчлeнный	500—1000	Пологокатый	4—6
Горный (колебания высот более 100 м)	Горно-хребтовый, горно-островной с мягкими или резкими очертаниями и пр.	Низкий	0—200	Очень крупный	7,5—10,0	Умеренно слабо-расчлeнный	100—500	Покатый	6—8
		Возвышенный	200—500	Средний	10—25	Умеренно слабо-расчлeнный	100—500	Крутопокатый	8—10
Горный (колебания высот более 100 м)	Горно-хребтовый, горно-островной с мягкими или резкими очертаниями и пр.	Низкий	0—200	Средний	2,5—5,0	Сильно-расчлeнный	50—100	Умеренно крутой	10—15
		Возвышенный	200—500	Крупный	5,0—7,5	Сильно-расчлeнный	50—100	Среднекрутой	15—30
Горный (колебания высот более 100 м)	Горно-хребтовый, горно-островной с мягкими или резкими очертаниями и пр.	Низкий	0—200	Очень крупный	7,5—10,0	Очень сильно-расчлeнный	менее 50	Очень крутой	30—45
		Возвышенный	200—500	Средний	10—25	Очень сильно-расчлeнный	менее 50	Очень крутой	45—60
Горный (колебания высот более 100 м)	Горно-хребтовый, горно-островной с мягкими или резкими очертаниями и пр.	Низкий	0—200	Очень крупный	7,5—10,0	Очень сильно-расчлeнный	менее 50	Очень крутой	45—60
		Возвышенный	200—500	Средний	10—25	Очень сильно-расчлeнный	менее 50	Очень крутой	более 60

2.8. ОБЩИЙ ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Принцип построения геологических карт (мощности четвертичных отложений, карты-среза на глубине заложения фундаментов, кровли коренных пород, гидроизогипс, гидроизобат) однотипен и заключается в определении на карте мест расположения интересующего параметра (мощности четвертичных отложений, литологических и стратиграфических границ четвертичных отложений, абсолютных отметок, литологических и стратиграфических границ коренных пород, абсолютных отметок уровня подземных вод и мест выхода их на поверхность земли, глубин залегания ближайшего к поверхности земли водоносного горизонта).

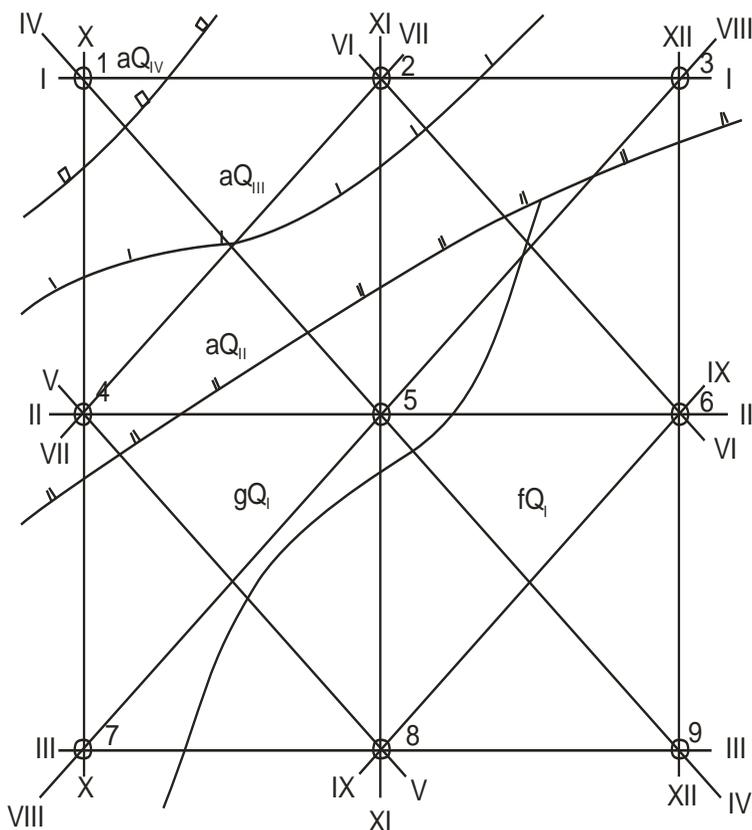


Рис. 6. Расположение линий дополнительных разрезов для построения геологических карт:

I–I, II–II и т.д. — номера геологических разрезов;

1, 2, 3 и т.д. — номера скважины

Определение местоположения параметров на карте проводят с помощью геологических разрезов между всеми представленными на ней скважинами (рис. 6). При этом на разрезы наносят только представляющую интерес информацию, т.е. литологический состав и мощность четвертичных отложений, абсолютные отметки кровли и литологический состав коренных пород, залегающих непосредственно под четвертичными отложениями или выходящими на поверхность земли, положение ближних к поверхности земли водоносных горизонтов.

Построение таких разрезов рекомендуется вести поэтапно с параллельным построением соответствующих геологических карт.

2.9. ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ МОЩНОСТИ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Карта мощности четвертичных отложений показывает их изменение под различными элементами рельефа и при наличии сведений о будущих сооружениях (нагрузки на фундамент или этажность здания) позволяет судить о том, будет ли активная зона (зона взаимодействия основания с сооружением) полностью располагаться в четвертичных отложениях или захватывать коренные породы, лежащие под ними. С помощью этой карты можно выбрать местоположение будущего здания с наиболее однородным строением основания, т.е. обеспечить, чтобы вся активная зона располагалась в толще четвертичных отложений, а под всем пятном застройки она находилась в четвертичных отложениях примерно одинаковой мощности, захватывая в нижней части одноименные и разновозрастные коренные породы. Кроме того, так как на карте у буровых скважин проводят схематические стратиграфические колонки четвертичных отложений, по ним можно оценить и их состав в том или ином месте застраиваемой территории.

Карту строят в несколько этапов. Первоначально на скважины разреза наносят сведения о мощности четвертичных отложений, их литологическом составе (в виде соответствующей штриховки), генезисе и возрасте (геологический индекс) (рис. 7). После этого необходимо провести стратиграфическую границу между отложениями четвертичного периода и подстилающими их коренными породами.

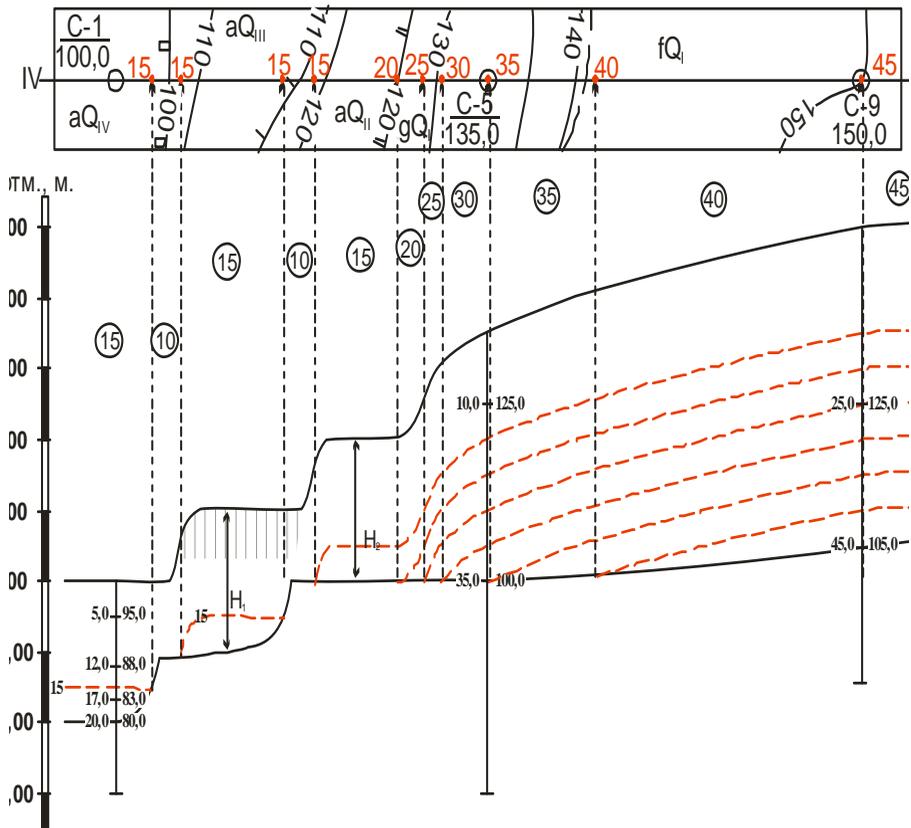


Рис. 7. Этап построения геологического разреза — нанесение границы мощности четвертичных отложений: H_1 и H_2 — мощность четвертичных отложений под 1-й и 2-й надпойменными террасами, соответственно, принятая по ближайшим скважинам. Пунктиром показаны границы зон четвертичных отложений

⓪ 20 ⓪ 25 — зоны с мощностью более 20, 25 и т.д., соответственно

Проводя границы в районе долины реки, при отсутствии скважин на пойме или надпойменных террасах, необходимо ориентироваться на мощности четвертичных отложений под террасами, полученными по ближайшим скважинам, пройденным на этих террасах (например, мощность четвертичных отложений под первой надпойменной террасой H_1 , м, а под второй надпойменной террасой H_2 , м, — см. рис. 7).

Построив для застраиваемой территории все разрезы (в нашем случае 12 в соответствии с рис. 6), отражающие изменение мощности четвертичных отложений, можно приступить к построению карты мощности четвертичных отложений. Для этого на разрезах проводят изолинии с интересующими интервалами мощности (на рис. 7 эти линии соответствуют 15, 20, 25, 30, 35, 40 и 45 м), которые повторяют рельеф поверхности земли. Места пересечения изолиний с подошвой четвертичных отложений, т.е. с линией суммарной мощности этих отложений, позволяют установить границы зон четвертичных отложений различной мощности (зоны 15, 20 м и т.д. — см. рис. 7). Снеся эти границы на линию разреза на выкопировке, а затем и на линии разрезов будущей карты мощности четвертичных отложений, проводим изолинии мощностей на карте (см. рис. В3).

Для того, чтобы иметь представление о литологическом составе и мощности четвертичных отложений, слагающих застраиваемую территорию в том или ином её месте, рядом с каждой скважиной строят колонку. В ней приводят сведения о возрасте и генезисе грунтов, штриховкой показывают литологический состав и указывают мощность отложений в метрах. Под номером скважины указывают суммарную мощность четвертичных отложений в месте её проходки (см. рис. В3).

Для установления, в пределах какого геоморфологического элемента территории суммарная мощность четвертичных отложений имеет то или иное значение, на карте проводят геоморфологические границы. Выделенные зоны с различной мощностью четвертичных отложений на карте обозначают с помощью цвета или штриховки, а к карте составляют шкалу мощности четвертичных отложений с соответствующими выделенным зонам интервалами и приводят необходимые условные обозначения (см. рис. В3).

2.10. ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ-СРЕЗА НА ГЛУБИНЕ ЗАЛОЖЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ

Карта-срез на глубине заложения фундаментов позволяет увидеть: какие грунты будут залегать непосредственно под подошвой фундамента в том или ином месте застраиваемой территории, какова мощность четвертичных отложений под пятном застройки, какого состава эти грунты и какова их мощность, а также состав и возраст коренных пород, попадающих в активную зону под сооружением.

С помощью этих данных можно оценить однородность будущего основания сооружений как по глубине, так и в плане, и принять предварительное решение о фундаментации, т.е. выбрать тип фундамента или поменять местоположение сооружения для расположения его на однородной по сжимаемости толще, если это возможно.

Построение карты выполняют в несколько этапов. Вначале строят выкопировку с карты и под ней топографический профиль вдоль интересующей линии разреза, на скважины наносят информацию о мощности, литологическом составе, генезисе и возрасте четвертичных отложений и подстилающих их коренных пород. Если четвертичные отложения отсутствуют в месте проходки скважины, то на ней отмечают мощность, состав и возраст коренных пород, лежащих с поверхности земли, проводят стратиграфические и литологические границы (см. рис. В3, рис. 8).

На следующем этапе построения карты через весь разрез параллельно поверхности земли проводят линию, соответствующую глубине заложения фундаментов. Эта линия соответствует дну котлованов будущих сооружений. Дно будущих котлованов показано в виде толстой штрих-пунктирной линии (см. рис. 8). Сняв с разреза информацию о литологическом составе грунтов, находящихся на линии, соответствующей дну котлована, получим необходимые сведения о местах залегания различных по составу, генезису и возрасту грунтов на дне будущих котлованов (рис. 9). После этого необходимо снести литологические границы с разреза на выкопировку, нанести соответствующую литологическому составу грунтов штриховку, поставить геологический индекс.

Аналогичную работу проводят по всем линиям геологических разрезов будущей карты. Необходимо также нанести на карту вдоль линий разрезов информацию о литологическом составе, возрасте и генезисе грунтов, а после этого выделить на карте одноименные по генезису, возрасту и литологическому составу зоны грунтов, нанести штриховку и поставить геологические индексы (рис. 10).

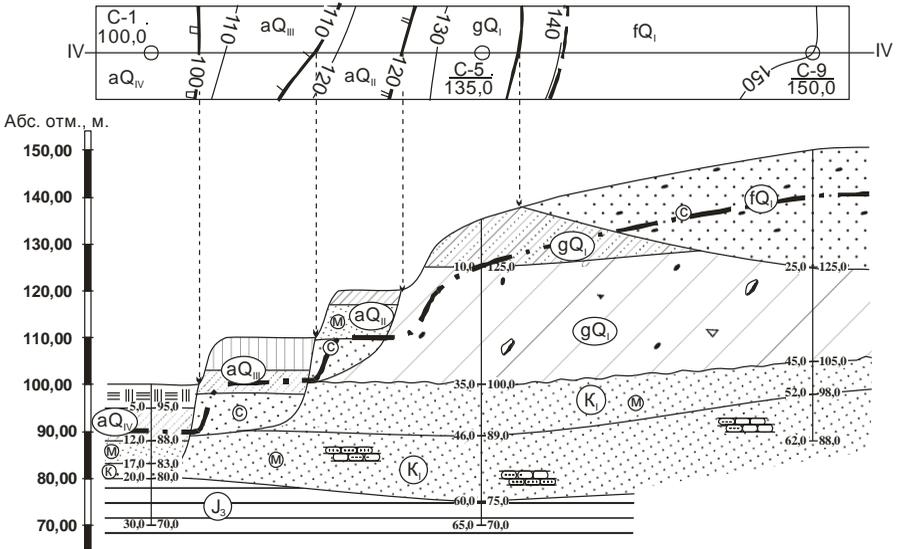


Рис. 8. Первый этап построения карты-среза на глубине заложения фундаментов (дно котлованов показано толстой штрих-пунктирной линией)

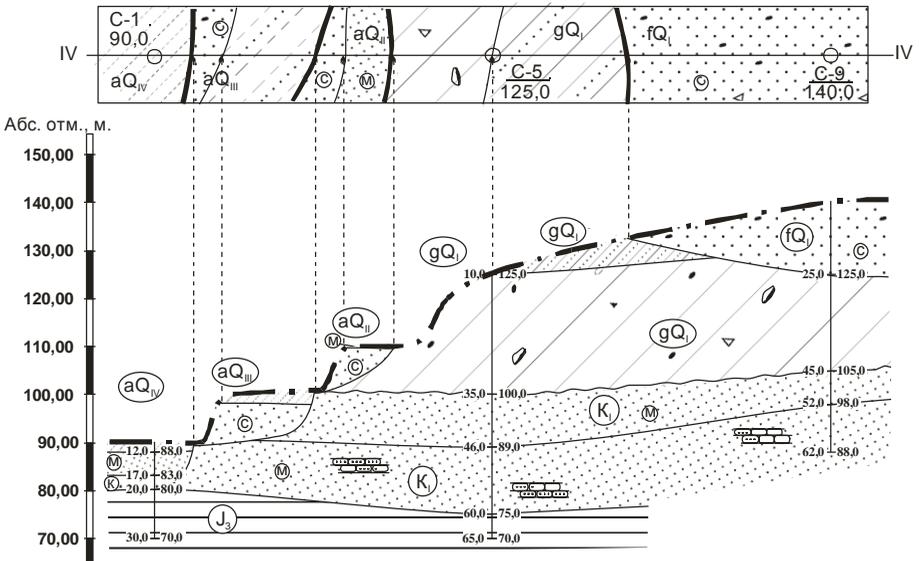


Рис. 9. Второй этап построения карты-среза на глубине заложения фундаментов

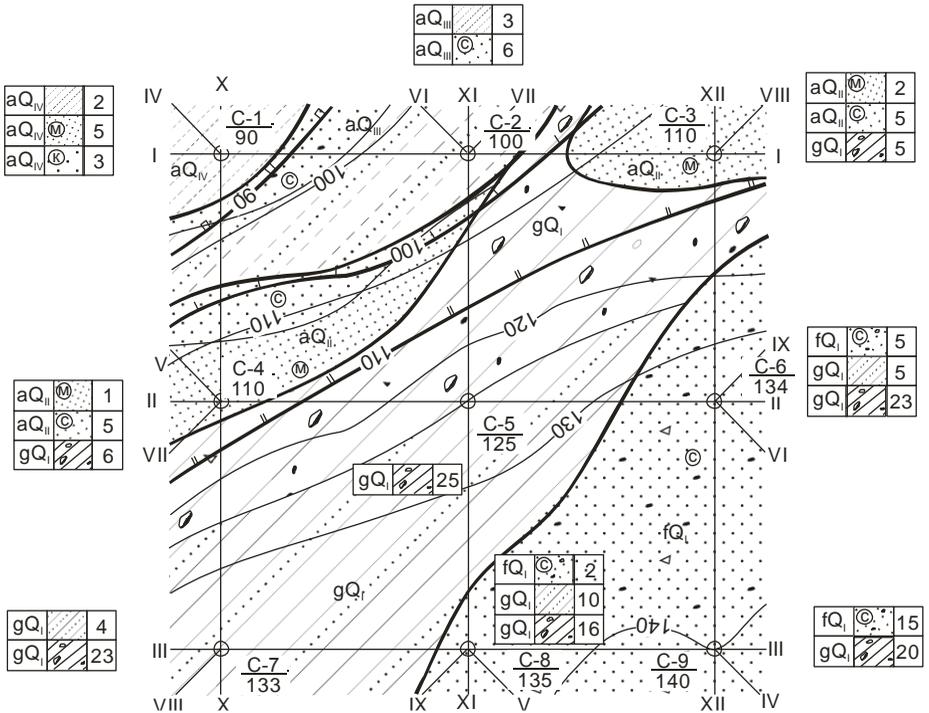


Рис. 10. Карта-срез на глубину заложения фундамента (10 м)

- | |
|-----|
| C-7 |
| 106 |

 буровая скважина, её номер и абсолютная отметка дна котлована
 ○ — стратиграфическая граница;
 — — литологическая граница;
 —120— — горизонталь дна котлована;
 — геоморфологические границы

а	б	в	
fQ _I	⊙	12	буровая колонка:
a			а - геологический индекс;
gQ _I		10	б - литологический состав грунта;
gQ _I		16	в - мощность в метрах

В заключение на карту следует нанести геоморфологические границы. Рядом со скважинами необходимо построить схематическую стратиграфическую колонку, на которой показываются грунты, залегающие ниже дна котлована на глубину до 30 м. К карте необходимо составить условные обозначения (см. рис. 10).

2.11. ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ КРОВЛИ КОРЕННЫХ ПОРОД

Карта кровли коренных пород позволяет установить, под каким геоморфологическим элементом, на какой глубине залегает та или иная коренная порода. Если мощность четвертичных отложений под тем или иным геоморфологическим элементом меньше, чем глубина активной зоны под сооружением, то приведенные на карте коренные породы будут вовлечены в совместную работу основания и сооружения. С помощью данной карты можно выбрать местоположение будущего здания с наиболее однородным строением основания.

Для построения карты кровли коренных пород необходимо на построенные по всем линиям (см. рис. 6) разрезы проставить абсолютные отметки кровли дочетвертичных (коренных) пород в характерных точках (местах проходки скважин, точках перегибов стратиграфической границы, т.е. подошвы четвертичных отложений) с отметками, кратными интервалу проведения горизонталей кровли. В приводимом примере через 5 м (рис. В4).

Затем на разрез наносят коренные породы, залегающие непосредственно под четвертичными отложениями, с указанием штриховкой их литологического состава и возраста. После этого на линию разреза выкопировки сносят стратиграфические (в данном примере место смены под четвертичными отложениями юрских глин на меловые пески с прослоями песчаника) и литологические (в данном примере место смены под четвертичными отложениями меловых песков с прослоями песчаника на меловые пески) границы, а между выделенными границами на выкопировке соответствующей штриховкой показывают литологический состав грунтов и их возраст. У мест проходки скважин ставят их номер (в числителе) и абсолютную отметку кровли коренных пород (в знаменателе). Кроме того, на линиях разрезов на карте проставляют абсолютные отметки кровли коренных пород в характерных точках (см. рис. В4).

После сбора аналогичной информации по всем разрезам ее наносят на строящуюся карту, проводят стратиграфические и литологические границы, а штриховкой показывают литологический состав грунтов (рис. В5).

По абсолютным отметкам кровли коренных пород в местах проходки скважин и в характерных точках строят горизонтали поверхности кровли, наносят горизонтали поверхности земли и геоморфологические границы. Далее проводят стратиграфические и литологические границы, наносят штриховку литологического состава ко-

ренных пород, проставляют их возраст (см. рис. В5). Породы того или иного периода на картах закрашивают в соответствии с установленным для этих периодов цветом (см. табл. 3), составляют условные обозначения к карте (см. рис. В5).

2.12. ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ ГИДРОИЗОГИПС

Карта гидроизогипс отображает форму поверхности грунтовых вод, которая зависит от геологического строения участка (характера залегания пород, их состава и мощности), условий питания и дренирования, а также характера их связи с поверхностными водами.

Т а б л и ц а 11

Наиболее часто встречающиеся значения коэффициента фильтрации грунтов

Наименование грунтов	Коэффициент фильтрации K_f , м/сут
Сильно закарстованные и сильно трещиноватые скальные	100—1000 и более
Закарстованные и малотрещиноватые скальные породы с песчаным заполнителем	10—100
Крупнообломочные с песчаным заполнителем	100—150
Галечник (чистый)	> 200
Гравий (чистый)	100—200
Галечники с песчаным заполнителем	50—150
Песок гравелистый	50—100
Песок крупный	25—75
Песок средней крупности	10—25
Песок мелкий	2—10
Песок пылеватый	0,5—2,0
Супеси	0,1—0,7
Суглинки	0,005—0,4
Глины	< 0,005
Торф:	
слаборазложившийся	1—4,0
среднеразложившийся	0,15—1,0
сильноразложившийся	0,01—0,15

С помощью карты гидроизогипс можно решить целый ряд практических задач, возникающих при освоении территории: определить направление движения грунтовых вод; величину уклона подземных

вод, т.е. гидравлический градиент; глубину залегания грунтовых вод; область питания (участки замкнутых гидрозогипс с высокими отметками) и область разгрузки; места расположения водоразделов грунтовых вод, где потоки расходятся в разные стороны, или места расположения дренирующих участков, т.е. зон, где сливаются потоки; расход плоского грунтового потока; кажущуюся скорость движения потока при известном коэффициенте фильтрации (ориентировочные значения коэффициентов фильтрации приведены в табл. 11); места расположения будущих дренажных канав (перпендикулярно линиям тока грунтового потока) или закрытых дренажей.

Так как гидрозогипсы — это горизонталы поверхности грунтовых вод, т.е. линии, соединяющие точки с одинаковыми абсолютными отметками поверхности этих вод, то для построения карты гидрозогипс используют данные замеров глубин залегания уровней воды в скважинах. Для определения отметок уровней грунтовых вод между скважинами можно воспользоваться ранее построенными геологическими разрезами, нанеся на них сведения о подземных водах (рис. 11). С помощью геологических разрезов можно определить граничные места водоносного горизонта, т.е. местоположение водоразделов, а также места выхода грунтовых вод на поверхность (родники). Гидрозогипсы проводят на топографической основе через 1, 2 или 5 м в зависимости от перепада отметок поверхности грунтовых вод (при перепаде до 10 м горизонталы рекомендуется проводить через 1 или 2 м) или в зависимости от назначения карты. По частоте линий гидрозогипс можно судить о величине гидравлического градиента горизонта либо о фильтрационных свойствах водовмещающих пород. Чем больше сгущение гидрозогипс, тем больше гидравлический градиент. Направление движения подземных вод на карте изображают в виде линий тока, которые всегда перпендикулярны к гидрозогипсам.

Построив все гидрогеологические разрезы по изучаемому участку (I...XII — на рис. 6), а затем, определив с их помощью на соответствующих выкопировках с карты абсолютные отметки (см. рис. 11) уровня грунтовых вод, границу области распространения водоносных горизонтов и места их разгрузки (родники), необходимо перенести эту информацию на топографическую карту изучаемой территории, дополнительно нанеся местоположение скважин, их номер и абсолютную отметку уровня грунтовых вод. После этого строят гидрозогипсы, т.е. проводят линии, соединяющие точки с одинаковыми абсолютными отметками поверхности воды (рис. В6).

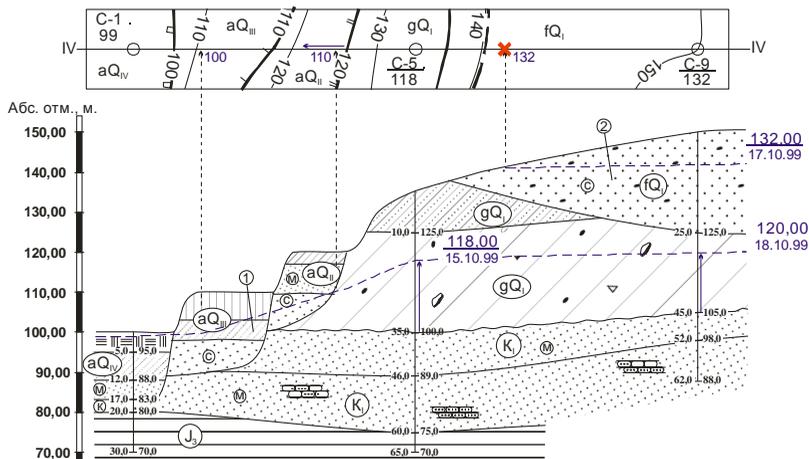


Рис. 11. К построению карты гидроизогипс:

- ① — водоносный горизонт четвертичных аллювиальных отложений и меловых песков;
- ② — водоносный горизонт четвертичных водноледниковых песков;
- × — граница области распространения водоносного горизонта

Для нанесения линий тока, которые всегда перпендикулярны гидроизогипсам, необходимо разбить на равные отрезки гидроизогипсу с максимальной отметкой (в примере 110 и 134) и далее через полученные на ней точки провести плавные линии, перпендикулярные гидроизогипсам. Затем на карту наносят значения гидравлических градиентов от максимальных до минимальных. Для наглядности рекомендуется горизонтали рельефа показывать черным цветом, а сведения о подземных водах (гидроизогипсы, линии тока) — синим цветом, придавая ему различные оттенки для каждого имеющегося в данном районе водоносного горизонта. К карте необходимо составить условные обозначения (см. рис. В6).

2.13. ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ ГИДРОИЗОБАТ

Карта гидроизобат — это карта глубин залегания грунтовых вод. Гидроизобаты — линии равных глубин залегания грунтовых вод. По карте гидроизобат можно выделить участки с различной глубиной залегания, т.е. определить подтопленные территории (глубина залегания поверхности подземных вод менее 2 м), местоположение подтопленных сооружений (сооружения, под которыми уровень под-

земных вод проходит через активную зону), места, где необходим водоотлив из котлованов (участки, где отметки дна котлована ниже уровня грунтовых вод).

Гидроизобаты строят по данным глубин залегания грунтовых вод в скважинах с использованием сведений о глубинах залегания подземных вод между скважинами по геологическим разрезам (см. рис. 11), а также по данным карты гидроизогипс (см. рис. В6). В последнем случае глубину залегания грунтовых вод определяют в местах пересечения горизонталей рельефа и гидроизогипс как разность абсолютных отметок поверхности земли и поверхности грунтовых вод. Нулевая гидроизобата совпадает с линией пересечения уровня грунтовых вод с дневной поверхностью (места образования родников или наличия поверхностных вод – озер, болот, рек).

На карте показывают гидроизобаты, соответствующие залеганию подземных вод на глубине 2, 5, 10 и 15 м (рис. В7). Эти значения гидроизобат позволяют на карте выделить следующие участки территории:

- подтопленные, где глубина подземных вод менее 2 м;
- зоны, где все типы сооружений (лёгкие, средние и тяжелые) подтоплены (глубина залегания подземных вод до 5 м);
- зоны, где подтоплены средние и тяжёлые сооружения (глубина залегания подземных вод от 5 до 10 м);
- зоны, где подтопленными окажутся только тяжёлые сооружения (глубина залегания подземных вод от 10 до 15 м);
- зоны, где все типы сооружений будут неподтопленными (залегания подземных вод более 15 м).

Гидроизобаты на карте изображают синими линиями с указанием их значений. Установленные зоны с различной глубиной залегания подземных вод выделяют различной штриховкой синего цвета (или различными оттенками синего цвета) и к карте оформляют шкалу глубины залегания подземных вод для интервалов 0–2, 2–5, 5–10, 10–15 и более 15 м с соответствующей штриховкой (цветом) (см. рис. В7). К карте полезно сделать примечание, что она составлена без учёта возможного возведения на данной территории зданий с заглублённым подземным контуром (подземные гаражи, убежища и т.п. сооружения), поэтому в случае оценки подтопляемости сооружения с заглубленным контуром по данной карте вносят коррективы, учитывая глубину заложения фундамента. К карте необходимо составить условные обозначения (см. рис. В7).

2.14. ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Наряду с геоморфологическими условиями и рельефом застраиваемой территории, её геологическим строением, свойствами грунтов, гидрогеологическими условиями, существенное значение на выбор местоположения сооружений, их конструкцию, технологию возведения, трудовые и материальные затраты оказывают геологические (природные) и инженерно-геологические (вызванные деятельностью человека) процессы.

Выявление геологических и прогноз возможного развития инженерно-геологических процессов на подлежащей строительному освоению территории является одной из задач, решаемых при инженерно-геологических изысканиях.

В процессе выполнения курсовой работы студент должен установить наличие на данной территории геологических и возможность развития на ней инженерно-геологических процессов с указанием мест протекания процессов, причин их возникновения, с последующей выдачей рекомендаций по выбору методов борьбы с ними.

Работа над разделом «Геологические и инженерно-геологические процессы на застраиваемой территории» начинают с построения карты их распространения (см. рис. В8). Для составления этой карты необходимо проанализировать:

- геоморфологическую карту, обратив внимание на параметры выделенных геоморфологических элементов и их рельеф (ширину, протяженность, конфигурацию, высоту, крутизну, форму склонов, степень расчленения, наличие просадочных блюдцев, оврагов, ложбин, впадин, стариц и п.д.);
- геологические и инженерно-геологические разрезы и карты, обратив внимание на геологическое строение, место, форму и характер залегания грунтов, их генезис;
- свойства грунтов, включая специфические: характеристику состава, состояния, физических, механических и химических свойств выделенных типов (слоёв) грунтов и их пространственную изменчивость;
- гидрогеологические условия: тип подземных вод по условиям залегания (верховодка, грунтовые, межпластовые); характеристики водоносных горизонтов (глубина залегания, мощность горизонта, величина напора, значения гидравлических градиентов и коэффици-

ентов фильтрации водовмещающих пород); литологический состав, мощность, водопроницаемость водовмещающих грунтов, водоупоров и грунтов зоны аэрации; области питания, зоны разгрузки, гидравлические окна;

- возможность изменения геологических условий в связи со строительным освоением территории (перепланировка территории с изменением поверхностного стока; подрезка склонов и их пригрузка; водопонижение при проходке котлованов с изменением гидравлических градиентов на площадях, примыкающих к ним; фундирование, создание заглублённых подземных контуров зданий и возможность возникновения барража и т.д.) и возникновением на ней инженерно-геологических процессов.

Следует также указать методы борьбы с геологическими и инженерно-геологическими процессами и наиболее надёжные и эффективные решения с минимальными трудовыми и материальными затратами.

2.15. ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ

Категорию сложности инженерно-геологических условий строительной площадки устанавливают на основании комплексной оценки совокупности факторов. Факторами, влияющими на выбор категории сложности, являются:

- геоморфологические условия и рельеф площадки;
- геологическое строение;
- гидрогеологические условия;
- геологические и инженерно-геологические процессы;
- специфические грунты;
- техногенные воздействия и изменения на освоенных территориях.

При составлении карты районирования территории по материалам изысканий на стадии проекта, когда решаются задачи по планировке застройки, т.е. размещению на этой территории различных по назначению и категории ответственности зданий и сооружений, по прокладке дорог и коммуникаций должна быть дана оценка категории сложности территории для каждого отдельного геоморфологического элемента, с последующим уточнением на стадии рабочей документации из-за возможного расположения объекта (пятна застройки) на нескольких геоморфологических элементах.

Категории сложности инженерно-геологических условий (СП 11-105-97)

Факторы	I (простая)	II (средней сложности)	III (сложная)
Геоморфологические условия	Площадка (участок) в пределах одного геоморфологического элемента. Поверхность горизонтальная, нерасчлененная	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов одного генезиса. Поверхность наклонная, слабо расчлененная	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов разного генезиса. Поверхность сильно расчлененная
Геологические в сфере взаимодействия и сооружений с геологической средой	Не более двух различных по литологии слоев, залегающих горизонтально или слабо наклонно (уклон не более 0,1). Мощность выдержана по простиранию. Незначительная степень неоднородности слоев по показателям свойств грунтов, закономерно изменяющихся в плане и по глубине. Скальные грунты залегают с поверхности или перекрыты маломощным слоем нескальных грунтов	Не более четырех различных по литологии слоев, залегающих наклонно или с выклиниванием. Мощность изменяется закономерно. Существенное изменение характеристик свойств грунтов в плане или по глубине. Скальные грунты имеют неровную кровлю и перекрыты нескальными грунтами	Более четырех различных по литологии слоев. Мощность резко изменяется. Линзовидное залегание слоев. Значительная степень неоднородности по показателям свойств грунтов, изменяющихся в плане или по глубине. Скальные грунты имеют сильно расчлененную кровлю и перекрыты нескальными грунтами. Имеются разломы разного порядка
Гидрогеологические в сфере взаимодействия и сооружений с геологической средой	Подземные воды отсутствуют или имеется один выдержанный горизонт подземных вод с однородным химическим составом	Два и более выдержанных горизонтов подземных вод, местами с неоднородным химическим составом или обладающих напором и содержащих загрязнение	Горизонты подземных вод не выдержаны по простиранию и мощности, с неоднородным химическим составом или разнообразным загрязнением. Местами сложное чередование водоносных и водоупорных пород. Напоры подземных вод и их гидравлическая связь изменяются по простиранию

Факторы	I (простая)	II (средней сложности)	III (сложная)
Геологические и инженерно-геологические процессы, отрицательно влияющие на условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений	Отсутствуют	Имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов	Имеют широкое распространение и (или) оказывают решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов
Специфические грунты в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	То же	То же	То же
Техногенные воздействия и изменения освоенных территорий	Незначительные и могут не учитываться при инженерно-геологических изысканиях и проектировании	Не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений и проведение инженерно-геологических изысканий	Оказывают существенное влияние на выбор проектных решений и осложняют производство инженерно-геологических изысканий в части увеличения их состава объемов работ

Примечание Категории сложности инженерно-геологических условий следует устанавливать по совокупности факторов, указанных в данной таблице. Если какой-либо отдельный фактор относится к более высокой категории сложности и является определяющим при принятии основных проектных решений, то категорию сложности инженерно-геологических условий следует устанавливать по этому фактору. В этом случае должны быть увеличены объемы или дополнительно предусмотрены только те виды работ, которые необходимы для обеспечения выяснения влияния на проектируемые здания и сооружения именно данного фактора

До начала построения карты необходимо провести оценку участков, приуроченных к различным геоморфологическим элементам, по совокупности вышеперечисленных факторов и по таблице обязательного приложения к СП 11-105-97 (табл. 12) установить категорию сложности этих участков. Эту оценку целесообразно выполнить в табличной форме (табл. 13).

Т а б л и ц а 13

Оценка категории сложности застраиваемых участков

Местоположение застраиваемого участка	Рельеф участка (по уклонам поверхности, степени и глубине расчленения, микро-рельефу)	Геологическое строение в зоне взаимодействия сооружения с основанием	Гидрогеологические условия в зоне взаимодействия сооружения с основанием	Геологические и инженерно-геологические процессы	Специфические грунты	Технологические условия	Категории инженерно-геологической сложности участка (I – простая, II – средняя, III – сложная)
1	2	3	4	5	6	7	8

Данную таблицу составляют на основании написанных ранее разделов пояснительной записки к курсовой работе и прилагаемых к ним соответствующих графических материалов (разрезов, карт), при этом глубину зоны взаимодействия сооружения с основанием можно ограничить 30–40 м. На основании таблицы составляют карту районирования территории по категориям инженерно-геологической сложности (рис. В9).

На карте показывают местоположение, название и направление течения реки, выделяемые геоморфологические элементы, а штриховкой (или цветом) — участки с различной категорией сложности. Составляют условные обозначения к карте (см. рис. В9).

3. ВЫПОЛНЕНИЕ ТЕКСТОВОЙ ЧАСТИ РАБОТЫ

3.1. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ К ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Текстовую часть курсовой работы выполняют в форме пояснительной записки к графической части с использованием фондовых материалов, литературных источников и прилагаемых к заданию данных о свойствах грунтов.

В записке необходимо: описать инженерно-геологические условия района; оценить их влияние на его строительное освоение; дать рекомендации по учёту влияния геологических особенностей района на конструкцию сооружения, производство работ по его возведению и эксплуатацию; составить техническое задание и программу инженерно-геологических изысканий на возведение конкретного здания (сооружения).

Ниже приводят перечень основных разделов, подлежащих рассмотрению в записке и их содержание.

3.2. РАЗДЕЛ «ВВЕДЕНИЕ»

Во «Введении» указывают, с какой целью, и на какой стадии проектирования в данном районе были проведены инженерно-геологические изыскания. Приводят географическое положение территории, характеристики предполагаемых к возведению сооружений, перечисляются задачи, которые были решены в процессе изысканий, характеризуют исходный материал (количество скважин, их глубина, местоположение и расстояние между ними, применённые при изысканиях полевые и лабораторные методы исследования грунтов и подземных вод, нормативные документы, используемые при выполнении данной работы).

3.3. РАЗДЕЛ 1 «ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА»

В разделе указывают, за счёт каких геологических процессов сформировался рельеф района. Дают краткое описание типа рельефа (равнинный, холмистый, горный и т.п.) с характеристиками по отношению к уровню моря; по общей форме поверхности (для равнин — горизонтальные, наклонные, вогнутые, выпуклые); по глубине и степени расчленения (для равнин — плоские, нерасчленённые или слабодорасчленённые при уклоне менее 5 м на 1 км протяженности, мелко-

расчленённые с уклоном от 5 до 20 м на 2 км, глубокорасчленённые с уклоном от 20 до 200 м на 2 км протяжённости) с указанием перепадов высот и уклонов поверхности земли; по происхождению (структурные, аккумулятивные, скульптурные). Необходимо выделить характерные элементы рельефа в данном районе (коренной берег, склон коренного берега, оползневая терраса, надпойменные террасы, пойма и т.д.) и дать каждому выделенному элементу рельефа описание, указав его местоположение в районе, характер поверхности, её уклон и абсолютные отметки, размеры (протяженность, ширина, площадь), превышение одного элемента над другим и над урезом воды в реке.

Описывая рельеф речной долины, указывают её ориентацию, форму, ширину, наличие поймы, террас и их тип, количество, симметричность долины, морфометрические параметры реки (ширина русла, вероятная глубина, направление течения, наличие притоков, островов и их размеры).

К описанию прилагают геоморфологическую карту района (см. рис. В1).

Отдельно кратко описывают геоморфологические особенности выбранной к застройке территории, геоморфологическую карту которой представляют на листе ватмана с другими геологическими картами (см. рис. В2).

Описывая геоморфологические особенности выбранной к застройке территории, следует акцентировать внимание на микрорельефе каждого геоморфологического элемента (просадочные блюдца, ложбины, впадины, старицы и т.д.), его параметрах (длина, ширина, площадь, уклоны поверхности, расчленённость, абсолютная отметка поверхности, превышение над урезом воды в реке и над соседними элементами).

В этом разделе делают выводы об особенностях застройки каждого элемента рельефа и дают рекомендации по освоению территории с точки зрения влияния рельефа на проектирование и возведение сооружений, а также на прокладку коммуникаций и дорог.

3.4. РАЗДЕЛ 2 «СТРАТИГРАФИЯ И ТЕКТОНИКА»

В этом разделе необходимо указать, породы какого возраста слагают район строительства в геохронологической последовательности (от древних к молодым) и какими литологическими разностями они представлены. В качестве иллюстрации приводят стратиграфическую колонку с указанием мощности отложений по разрезу — от минимальной до максимальной (табл. 14).

Стратиграфическая колонка к литолого-геологическому разрезу

Геологический возраст			Мощность слоя, м	Литологич. обозначение	Описание пород
Эра	Период	Геол. индекс			
1	2	3	4	5	6
Кайнозойская	Четвертичный	a-Q _{IV}	0 – 5,0		Торф среднеразложившийся, среднезольный, пластичный
		a-Q _{IV}	0 – 8,2		Супесь песчаная, желтовато-серая, текучая
		a-Q _{IV}	0 – 5,1		Песок мелкий, желтовато-серый, средней плотности, водонасыщенный
		a-Q _{IV}	0 – 4,5		Песок крупный, серовато-коричневый, средней плотности, водонасыщенный, с редкими включениями гравия
		a-Q _{II}	0 – 8,0		Лёсс палево-жёлтый, маловлажный, просадочный
		a-Q _{II}	0 – 6,0		Супесь песчаная, серовато-желтая, пластичная, с линзами и гнездами песка средней крупности, средней плотности
		a-Q _{II}	0 – 8,5		Песок средней крупности, желтовато-коричневый, средней плотности, водонасыщенный, с включениями гравия
		a-Q _I	0 – 3,0		Лёсс палево-жёлтый, маловлажный, просадочный
		a-Q _I	0 – 4,2		Суглинок легкий песчаный, желтовато-коричневый, тугопластичный, с тонкими прослойками супеси
		a-Q _I	0 – 8,4		Песок мелкий, светло-серый, средней плотности, местами плотный, влажный, местами водонасыщенный
		a-Q _I	0 – 9,5		Песок средней крупности, коричневатого-серый, плотный, местами средней плотности, влажный и насыщенный водой
		f-Q _I	0 – 25,0		Песок средней крупности, желтовато-коричневый, плотный, влажный и водонасыщенный, с линзами и прослойками песка крупного и мелкого, плотного, насыщенного водой
		g-Q _I	0 – 14,0		Суглинок тяжелый песчаный, буровато-коричневый, тугопластичный, местами полутвёрдый, с частыми прослойками песка
		g-Q _I	0 – 25,0		Суглинок тяжелый песчаный, серо-коричневый, от полутвёрдого до тугопластичного, с гнездами песка мелкого, плотного, влажного, с включениями (до 15–20 %) крупнообломочного материала
		Мезозойская	Меловой	K ₂	0 – 12,0
K ₁	0 – 15,0				Песок мелкий, зеленовато-серый, плотный, водонасыщенный, однородный, слоистый, с прослойками песчаников
Юрский	J ₃		5,0–10,0 и >		Глина тяжелая, черная, слоистая, полутвёрдая, с редкими тонкими прослойками песка пылеватого, плотного, маловлажного

Описание ведут отдельно для коренных и четвертичных отложений в возрастной последовательности от древних пород к молодым. Для коренных пород, анализируя литологический разрез, указывают область их залегания (под всем районом, под правым коренным берегом, склоном коренного берега, долиной реки и т.д.), общий характер залегания (нарушенное или ненарушенное), вид дислокаций (складки, разрывы), глубину залегания слоя и изменение этой глубины, мощность и её изменение, дислоцированность пород, элементы залегания, несогласия (угловое, стратиграфическое). Описание можно вести для целых комплексов пород одинакового происхождения, возраста и залегания с соответствующими ссылками на стратиграфическую колонку (см. табл. 14) и разрез.

Описание четвертичных отложений проводят по той же схеме, но для каждого геоморфологического элемента в последовательности от нижнечетвертичных к современным четвертичным отложениям.

Тектоника района определяется тектоническими движениями в данном районе в прошлом. Это могли быть колебательные, складчатые или разрывные движения. В первом случае происходит медленное равномерное поднятие или опускание территории, при котором первоначальное залегание пород не нарушается. Во втором случае за счёт неравномерного поднятия или опускания происходят выгибание и прогибание, смятие слоёв в складки. В третьем случае образуются трещины и разрывы, по которым происходят смещения пород. В связи с этим при оценке тектоники района, прежде всего, следует оценить условия залегания пород по разрезам и геологическим картам.

При горизонтальном залегании пород стратиграфические границы проходят параллельно горизонталям. При моноклинальном и складчатом залегании одна и та же горизонталь пересекает несколько стратиграфических границ.

Оценив складчатость залегания пород, мощность осадочных пород, а также развитие магматических и метаморфических пород, можно сделать вывод о принадлежности рассматриваемой территории к наиболее крупному структурному элементу земной коры (геосинклинали или платформе). Основными признаками геосинклинальных областей являются: интенсивная складчатость и раздробленность земной коры, большая мощность осадочных пород (исчисляется километрами), широкое развитие магматических и метаморфических пород и сильно расчленённый рельеф. Платформы характеризуются отсутствием интенсивной складчатости, относительно малой мощностью осадочных пород, слабым развитием магматиче-

ских пород и выровненным рельефом. Оценив общее геологическое строение района, студент должен привести более детальное описание геологического строения территории, выбранной под застройку, используя построенные инженерно-геологические разрезы и карты мощности четвертичных отложений, карты-срезы на глубине заложения фундаментов, карты кровли коренных пород.

Оценивая карту мощности четвертичных отложений, следует отметить, грунты какого генезиса, возраста, литологического состава залегают на тех или иных геоморфологических элементах и как меняется их мощность по застраиваемой территории. При этом следует сделать вывод о том, где активная зона (область взаимодействия сооружения с основанием) под сооружением будет располагаться только в четвертичных отложениях, а где будет затрагивать и коренные породы. Для такой оценки можно ориентировочно считать, что величина активной зоны под тяжёлыми сооружениями составляет 15 м, средними — 10 м, а лёгкими — 5 м, при этом надо учитывать возможность возведения этих сооружений с развитым подземным контуром с глубиной заложения фундаментов в 10 м.

При описании данной карты особое внимание следует обратить на условия залегания (место, характер и форма залегания, мощность) специфических грунтов и их особенности (свойства).

Анализируя карту-срез на глубине заложения фундаментов, следует указать, где на выделенных геоморфологических элементах, какого возраста, генезиса и литологического состава грунты будут залегают непосредственно под подошвой фундаментов (т.е. на дне котлована), а для четвертичных отложений — их суммарную мощность. В случае наличия под фундаментом (на дне котлована) специфических грунтов необходимо указать зону их залегания, мощность, а также дать рекомендации, что с ними делать (вынимать, закреплять и т.д.) и какой тип фундамента выбрать.

Описывая карту кровли коренных пород, необходимо отметить: какого возраста, состава и где (в пределах каких геоморфологических элементов) залегают коренные породы. Указать, какие коренные породы будут являться частью основания будущих зданий, т.е. будут входить в зону взаимодействия сооружений с геологической средой (активная зона).

В дальнейшем для застраиваемой территории можно провести сейсмическое микрорайонирование, определяя сейсмичность площадок по инженерно-геологическим условиям из СНиП II-07-81 (табл. 15).

**Определение сейсмичности площадок
по инженерно-геологическим условиям (СНИП II-07-81)**

Категория грунта по сейсмиче- ским свой- ствам	Грунты	Сейсмичность площадки строительства при сейс- мичности района, баллы		
		7	8	9
I	Скальные грунты всех видов (в том числе вечно-мёрзлые и вечно-мёрзлые оттаявшие) неветрелые и слабоветрелые; крупнообломочные грунты плотные маловлажные из магматических пород, содержащие до 30% песчано-глинистого заполнителя; ветрелые и сильноветрелые скальные и нескальные твёрдомёрзлые (вечно-мёрзлые) грунты при температуре -2° и ниже при строительстве и эксплуатации по принципу I (сохранение грунтов основания в мёрзлом состоянии)	6	7	8
II	Скальные грунты выветрелые и сильноветрелые, в том числе вечно-мёрзлые, кроме отнесённых к I категории; крупнообломочные грунты, за исключением отнесённых к I категории; пески гравелистые, крупные и средней крупности, плотные и средней плотности, маловлажные и влажные; пески мелкие и пылеватые, плотные и средней плотности, маловлажные; глинистые грунты с показателем консистенции $I_L \leq 0,5$ при коэффициенте пористости $e < 0,9$ — для глин и суглинков и $e < 0,7$ — для супесей; вечно-мёрзлые нескальные грунты пластично-мёрзлые или сыпучемёрзлые, а также твёрдомёрзлые при температуре выше -2° при строительстве и эксплуатации по принципу I	7	8	9
III	Пески рыхлые независимо от влажности и крупности; пески гравелистые, крупные и средней крупности, плотные и средней плотности, водонасыщенные; пески мелкие и пылеватые, плотные и средней плотности, влажные и водонасыщенные; глинистые грунты с показателем консистенции $I_L > 0,5$; глинистые грунты с показателем консистенции $I_L < 0,5$ при коэффициенте пористости $e \geq 0,9$ — для глин и суглинков и $e > 0,7$ — для супесей; вечно-мёрзлые нескальные грунты при строительстве и эксплуатации по принципу II (допущение оттаивания грунтов основания)	8	9	> 9

Примечания. 1. В случае неоднородного состава грунты площадки строительства относятся к более неблагоприятной категории грунта по сейсмическим свойствам, если в пределах 10-метрового слоя грунта (считая от планировочной отметки) слой, относящийся к этой категории, имеет суммарную толщину более 5 м.

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

3. При строительстве на вечно-мёрзлых нескальных грунтах по принципу II, если зона оттаивания распространяется до подстилающего талого грунта, грунты основания следует рассматривать как не-вечно-мёрзлые (по фактическому состоянию их после оттаивания).

3.5. РАЗДЕЛ 3 «ЛИТОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУНТОВ»

Описание грунтов ведут от древних к молодым по возрасту в следующей последовательности:

1. Название породы, её возрастной и генетический индекс, тип и группа.
2. Литологические особенности (зернистость, пылеватость, глинистость, включения).
3. Гранулометрический состав.
4. Примерный минералогический состав.
5. Структура и текстура.
6. Степень трещиноватости и выветрелости.
7. Инженерно-геологическая характеристика (свойства).

При описании пп.1–6 следует воспользоваться прил. 4, при описании п. 7 — прил. 5, 6.

Используя имеющееся описание грунтов, можно получить лишь качественное представление об их свойствах. Количественные характеристики получают в результате проведения опытных полевых работ и лабораторных испытаний образцов. Конкретные значения приводимых параметров (плотность минеральных частиц, плотность при естественной влажности, влажность, угол внутреннего трения, сцепление, модуль деформации, коэффициент фильтрации и т.д.) выбирают из характерных диапазонов их изменения с учётом состояния грунта (относительная плотность сложения, степень водонасыщения, показатель консолидации, степень выветрелости), его генезиса и возраста, а также результатов полевых испытаний грунтов.

При описании грунтов необходимо дать прогноз возможного изменения их свойств (выветриваемость, уплотняемость, растворимость и т.д.) под влиянием окружающей среды и возводимых сооружений.

Т а б л и ц а 16

Гранулометрический состав грунтов

№ п/п	Содержание фракций, %, размер частиц, мм											Наименование грунта по ГОСТ 25100—2011
	Галька щебень	Гравий (дресва)		Песок					Пыль		Глина	
	>10	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— 0,005	<0,005	
1	—	—	0,2	0,4	0,6	7,0	62,8	10,2	11,3	5,8	1,7	Песок пылеватый
2	—	—	0,4	4,2	5,0	46,0	33,6	5,0	1,6	3,0	1,2	Песок средней

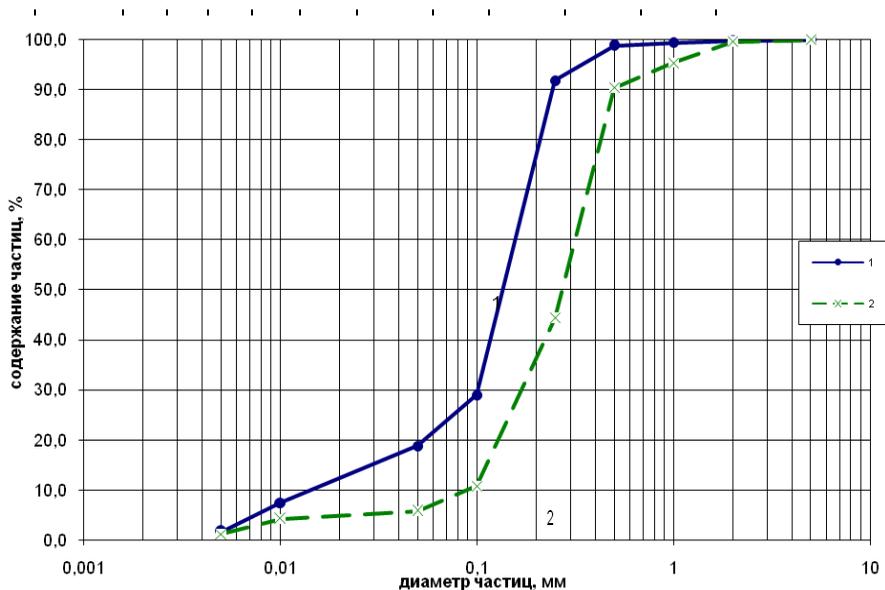


Рис. 12. Интегральные кривые гранулометрического состава песков

Гранулометрический состав песков приводят в табличном виде (табл. 16) и в виде графиков (рис. 12). Для установления гранулометрического состава песков используют их описание и рекомендации (см. прил. 4, табл. П4–6). Приводят сводную таблицу нормативных и расчётных показателей свойств грунтов (см. табл. 6).

3.6. РАЗДЕЛ 4 «ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА»

Проанализировав геологический разрез, следует указать количество водоносных горизонтов и их названия. Названия горизонтам дают по возрасту, генезису водовмещающих пород и их литологическому составу, например «водоносный горизонт трещиноватых верхнекаменноугольных известняков», «водоносный горизонт нижнемеловых мелких песков». Если водовмещающими породами являются несколько литологических разностей одного возраста, то название дают только по возрасту и генезису, например «водоносный горизонт среднечетвертичных аллювиальных отложений». Затем приводят характеристику каждого выделенного водоносного горизонта по следующей схеме:

- тип горизонта по условиям залегания — верховодка, грунтовый, межпластовый;
- тип горизонта по напору (уровню установления воды) — напорный или безнапорный;
- водовмещающие породы — их распространение (указать под каким геоморфологическим элементом), литологический состав, характер залегания, глубина залегания (min и max и под какими геоморфологическим элементом), мощность (min и max и под каким геоморфологическим элементом), примерные величины коэффициентов фильтрации (см. табл. 11);
- водоупоры — нижний и верхний, их распространение, состав, мощность (min и max и под какими геоморфологическим элементом);
- характер депрессионной кривой, её уклоны (диапазон изменения гидравлического градиента), величины напоров (диапазон изменения и место min и max), условия питания и дренирования (разгрузки), взаимосвязь с другими водоносными горизонтами (гидрогеологические окна и место их расположения), соображения об особенностях режима горизонтов (как меняется уровень подземных вод в течение года);
- при наличии сведений о химическом составе подземных вод дать их наименование и оценить агрессивность к бетону и металлу (см. прил. 7).

При описании карты гидроизогипс (см. рис. В6) необходимо указать, какие водоносные горизонты (их название) представлены на данной карте и где они расположены. Для каждого водоносного горизонта по гидроизогипсам (их форме и частоте) охарактеризовать его поверхность, указав в каком направлении (линии тока) и как (расходящийся, сходящийся, параллельный поток) движутся подземные воды, как меняется её кривизна (уклон устанавливается по значениям гидравлических градиентов, приведённых на карте). Следует указать, с чем связано изменение значения гидравлических градиентов (изменение литологического состава водовмещающих пород, их состояния), где при прочих равных условиях (состав водовмещающих пород, их состояние) можно ожидать наибольший приток воды к котлованам (по частоте линий тока на участках с одинаковыми значениями гидравлических градиентов). Необходимо также дать рекомендации по выбору направления дренажных сооружений.

Проанализировав карту гидроизобат (см. рис. В7), следует указать, какие территории являются подтопленными и где расположены зоны с подтопленными лёгкими, средними и тяжёлыми сооружениями, где требуется дренирование территории и водопонижение при проходке котлованов.

При этом следует сделать примечание, что данная оценка выполнена при заложении фундаментов на глубину не более 2 м, и в случае глубокого заложения фундаментов расположение зон подтопления сооружений того или иного типа (лёгкие, средние, тяжёлые) должно быть уточнено (т.е. в каких местах те или иные типы сооружений окажутся подтопленными).

3.7. РАЗДЕЛ 5 «ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РАЙОНА»

В этом разделе рассматриваются в исторической последовательности процессы формирования пород района, процессы, приведшие к дислокации этих пород, изменению их состояния и свойств, а также процессы, сформировавшие современный рельеф.

На основании анализа геологического разреза (см. рис. 5) можно составить представление об истории геологического развития района и построить палеогеографическую кривую, которая характеризует историю колебательных движений поверхности земли данного района. Колебание поверхности земли можно установить по смене этапов накопления осадков этапами разрыва. Накопление осадков идёт при погружении территории, как правило, ниже уровня моря. При этом по изменению мощности осадочных пород можно судить о продолжительности периода осадконакопления. Маломощные континентальные четвертичные отложения накапливаются при неглубоком погружении территории, когда она не опускалась ниже уровня моря, а сами отложения образовывались за счёт наступления и отступления ледников, деятельности атмосферных агентов, рек, заболачивания территории, образования на их поверхности озёр и т.д. Материалом, позволяющим судить о генезисе отложений, являются сами породы района, их вещественный состав, состояние, условия (характер) и формы залегания, так как каждая горная порода образуется при определённых геологических условиях.

Этапы геологического развития, не отмеченные осадками (этапы размыва), соответствуют поднятию территории и выходу её из-под уровня моря. При этом, если осадочные породы сохраняют горизон-

тальный характер залегания, значит тектоническое поднятие территории происходило равномерно. В противном случае породы будут залегать моноклинально или складчато.

Формирование долины реки и её террас связано с изменением базиса эрозии потока, которое, в свою очередь, связано с вертикальными колебаниями земной коры или поднятиями и опусканиями территории в четвертичный период. Первоначальный низкий базис эрозии вызывает размыв ранее образовавшихся пород и образование древней речной террасы. Последующее повышение базиса эрозии приводит к заполнению части области размыва аллювиальными отложениями и образованию древней речной террасы. Последующие этапы понижения базиса эрозии приводят к тому, что размываются ранее накопившиеся аллювиальные отложения, а иногда лежащие под ними четвертичные или коренные породы. При повышении базиса эрозии происходит накопление аллювия. Чередование понижения (размыв) и повышения (накопление) базиса эрозии приводит к образованию речных террас. При этом, если последующее понижение базиса эрозии было более значительным, чем предыдущее, образуются наложенные речные террасы, а если меньше предыдущего, то террасы будут вложенными. В случае, когда базис эрозии остаётся практически неизменным, а территория, где располагается долина реки, испытывает колебания, то в случае её поднятия отмечается врез речной долины, а во время опускания происходит накопление аллювиальных отложений.

Для построения палеогеографической кривой (схематично отображающей колебательные движения земной коры) на листе бумаги проводят горизонтальную линию (ось абсцисс), которую делят на равные отрезки, соответствующие продолжительности отдельных эр (AR, PR) или периодов (Є, О, S, ... Q). Первый (слева) период (эра) должен соответствовать времени образования наиболее древней породы, изображённой на геологическом разрезе. В середине каждого отрезка, соответствующего продолжительности той или иной эры или периода, под линией времени в геохронологическом порядке представляют все эры (AR, PR) и периоды от самых древних, встречаемых на разрезе, до четвертичных. По оси координат на графике показывают абсолютные отметки поверхности земли. Ноль на оси координат соответствует уровню мирового океана. Так как по приводимым в задании на курсовую работу данным невозможно точно установить амплитуду колебаний поверхности земли, то на оси ординат разграфку не делают. Например, на рис. 13 приведена палеогеографическая кривая для геологического разреза, изображённого ранее (см. рис. 5).

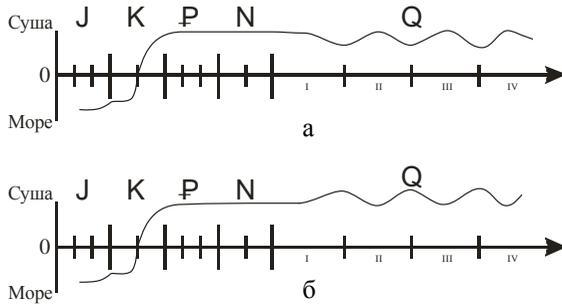


Рис. 13. Палеогеографическая кривая:
 а – при колебаниях базиса эрозии; б – при колебаниях территории

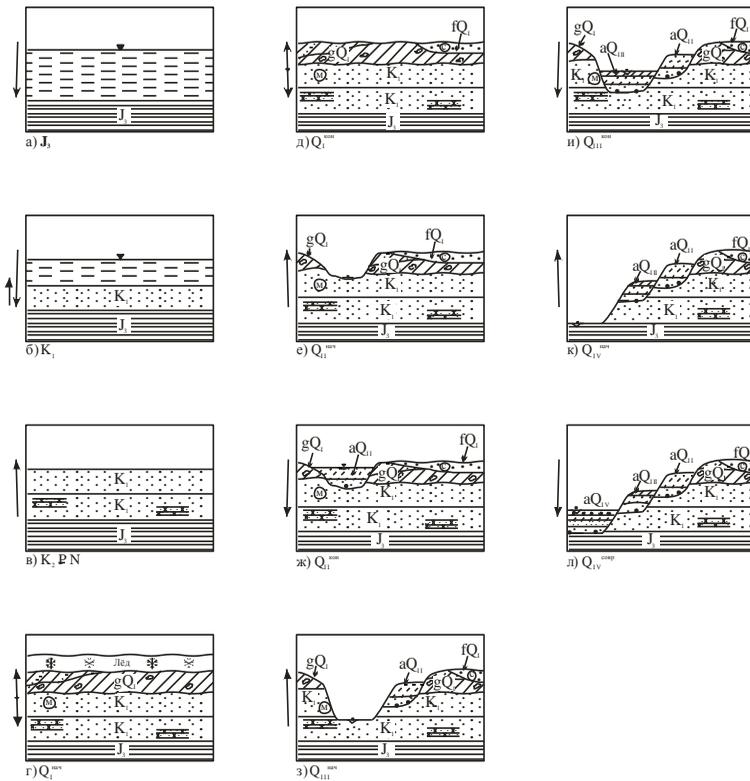


Рис. 14. Поэтапные схематические разрезы

Каждая схема соответствует определённому этапу истории образования массива от момента накопления осадков до этапов их размыва и отражает этапы тектонических деформаций горных пород, изменение их состояния. Следует дать описание геологических процессов, происходивших на каждом этапе формирования массива изучаемого района. В рассматриваемом примере (см. рис. 5) изображены схематические разрезы (рис. 14), которые отражают следующие этапы:

- в конце юрского периода (в верхнеюрский период) на дне глубокого моря шло накопление глинистого осадка и образование из него глин (см. рис. 14, а);

- в первой половине мелового периода (в верхнемеловом периоде) произошло поднятие территории, но она осталась дном неглубокого моря (шельфовая зона), на дне которого накапливались осадки с преобладанием песчаных фракций с последующим формированием из них песков (см. рис. 14, б);

- со второй половины мелового периода (с верхнемелового периода) район за счёт поднятия территории освободился от моря и до настоящего времени остаётся сушей. В верхнемеловом, палеогеновом и неогеновом периодах происходят процессы, приводящие к образованию в толще песков слоя с прослойками песчаников. Следует отметить, что тектоническое поднятие территории происходит достаточно равномерно, о чём можно судить по сохранению горизонтального залегания пород юрского и мелового периодов (см. рис. 14, в);

- в начале четвертичного периода (в начале нижнечетвертичного периода) на данную территорию наступал ледник и происходило образование моренных отложений (gQ_1) (см. рис. 14, г);

- в конце нижнечетвертичного периода ледник отступил, что привело к частичному размыву моренных суглинков и накоплению в пониженных участках водноледниковых нижнечетвертичных песков (fQ_1), а также к образованию постоянного водотока (см. рис. 14, д);

- в начале среднечетвертичного периода за счёт поднятия территории (или понижения базиса эрозии водотока) происходит размыв ранее образовавшихся ледниковых отложений и частичный размыв верха верхнемеловых песков с образованием речной долины (см. рис. 14, е);

- во второй половине среднечетвертичного периода за счёт опускания территории (или повышения базиса эрозии) в зоне размыва откладываются верхнечетвертичные аллювиальные отложения будущей второй надпойменной террасы (см. рис. 14, ж);

- в начале верхнечетвертичного периода происходит очередной подъём территории (или опускание базиса эрозии), сопровождающийся размывом ранее образовавшихся среднечетвертичных аллю-

виальных отложений под руслом реки, полным размывом верхнего слоя и частичным размывом нижнего слоя нижнемеловых отложений (см. рис. 14, з);

- во второй половине верхнечетвертичного периода при опускании территории (или повышении базиса эрозии) в зоне размыва происходит накопление верхнечетвертичных аллювиальных отложений, образовавших будущую первую надпойменную террасу (см. рис. 14, и);

- в начале современного четвертичного периода при подъёме территории (или опускании базиса эрозии) в долине реки под её руслом происходит размыв верхнечетвертичных аллювиальных, меловых и верхнеюрских отложений (см. рис. 14, к);

- в современное время происходит опускание территории (или поднятие базиса эрозии), сопровождающееся накоплением аллювиальных отложений поймы (см. рис. 14, л).

3.8. РАЗДЕЛ 6 «ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ЗАСТРАИВАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ»

Развитие на застраиваемой территории геологических процессов может существенно осложнить её освоение и потребует дополнительных материальных и трудовых затрат. Поэтому установление наличия геологических процессов, условий их возникновения и факторов, влияющих на интенсивность протекания позволяет правильно подготовить основание и запроектировать сооружение, наметить мероприятия по инженерной защите территории, а также не вызывать развития в период строительства и эксплуатации объекта неблагоприятных инженерно-геологических процессов.

По построенной карте распространения геологических и инженерно-геологических процессов (см. рис. В8) студент должен дать её описание. Прежде всего, следует перечислить, какие геологические процессы развиты на данной территории и какие инженерно-геологические процессы могут возникнуть при её строительном освоении. Затем необходимо привести описание каждого процесса по предлагаемому плану:

- указать место развития процесса;
- привести причины возникновения процесса (геологическое строение, грунты, их состояние и свойства, гидрогеологические условия) с приведением качественных и количественных величин соответствующих параметров (высота и крутизна склона, направление и угол падения пластов, значения величин гидравлических градиен-

тов, показатель консистенции, степень выветрелости, трещиноватость, глубина залегания грунтовых вод и т.д.);

- перечислить факторы, способные влиять на интенсивность развития процесса в природных условиях, при строительстве и эксплуатации объекта;
- дать рекомендации по инженерной защите территории (объекта) от воздействия данного процесса.

3.9. РАЗДЕЛ 7 «ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЗАСТРАИВАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ»

Целью инженерно-геологического районирования является выделение на застраиваемой территории участков с различной категорией сложности по геологическим условиям. Категория сложности участка влияет на состав и объём инженерно-геологических изысканий. Категорию сложности инженерно-геологических условий следует устанавливать по совокупности факторов.

В зависимости от геоморфологических, геологических, гидрогеологических факторов и наличия геологических процессов, специфических грунтов и техногенных воздействий различают три категории сложности инженерно-геологических условий (см. табл. 12).

Площадка *первой (простой) категории* располагается в пределах одного геоморфологического элемента; поверхность участка горизонтальная, не расчленённая; грунтовые пласты залегают горизонтально или слабо наклонно (уклон менее 0,1), толщина их выдержана по простирацию; подземные воды отсутствуют или имеется выдержанный горизонт с однородным химическим составом.

Строительная площадка *второй (средней) категории* сложности включает несколько геоморфологических элементов одного генезиса; поверхность наклонная, слабо расчленённая; в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой располагается не более четырёх различных по литологии слоёв, залегающих наклонно (уклон более 0,1) или с выклиниванием, мощность слоёв изменяется по простирацию закономерно; подземные воды имеют два или более выдержанных горизонтов с неоднородным химическим составом или обладающих напором.

Площадки *третьей (сложной) категории* характеризуются сложными инженерно-геологическими условиями: наличием нескольких геоморфологических элементов разного генезиса; поверхность сильно расчленённая; в пределах сжимаемой толщи располагается свыше четырёх различных по литологии слоёв, мощность ко-

торых резко изменяется по простиранию, возможно линзовидное залегание слоёв; горизонты подземных вод не выдержаны по простиранию и по мощности, имеют неоднородный химический состав, местами возможно сложное чередование водоносных и водоупорных пород, напоры подземных вод изменяются по простиранию. Кроме того, к площадкам третьей категории сложности относят также строительные площадки в условиях залегания структурно-неустойчивых грунтов (просадочных, набухающих).

Большое влияние на оценку категории сложности инженерно-геологических условий оказывают наличие и масштабы распространения на строительной площадке геологических и инженерно-геологических процессов, техногенных воздействий, а также степень изменения освоенных территорий.

После составления таблицы оценки категорий сложности (см. табл. 13) и карты районирования (см. рис. В9) необходимо присвоить тому или иному участку застраиваемой территории соответствующую категорию сложности.

3.10. РАЗДЕЛ «ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ»

В данном разделе дают итоговую оценку комплекса геологических факторов (рельеф, геологическое строение, гидрогеологические условия, геологические процессы, специфические грунты, техногенные условия) на различных участках застраиваемой территории и делают выводы по их влиянию на принятие проектных решений. На основании сделанных выводов дают рекомендации по принятию планировочных решений о размещении зданий и сооружений, прокладке дорог и коммуникаций, выбору типов фундаментов, способов возведения подземного контура здания, инженерной защите территорий и сооружений. Студенты, обучающиеся по специализации «Основания и фундаменты зданий и сооружений», основной упор делают на выбор типа фундаментов.

Основания и фундаменты зданий и сооружений служат для восприятия нагрузок от строительных конструкций, технологического оборудования и нагрузок на полы. При проектировании фундаментов необходимо:

- провести анализ жёсткостных и конструктивных особенностей зданий и сооружений с целью обеспечения их прочности и эксплуатационных требований, т.е. обеспечения допустимых осадок и кренов;
- уточнить инженерно-геологические условия строительной площадки с целью максимального использования прочностных и деформационных свойств грунтов;

- максимально использовать прочность материалов фундаментов;
- обеспечить достижение минимальной стоимости, материалоёмкости и трудоёмкости, т.е. провести вариантное проектирование.

Одним из факторов, влияющих на выбор типа фундамента, являются инженерно-геологические условия строительной площадки. Оценивая грунты основания по деформируемости и несущей способности, можно условно их разделить на слабые, средней прочности и прочные. Сами основания условно делят на однослойные и двухслойные. К слабым грунтам, которые не рекомендуется использовать в качестве естественного основания, относят: песчаные рыхлые, пылевато-глинистые текучей консистенции или с высоким коэффициентом пористости e (для супесей $e > 0,7$, суглинков $e > 1,0$ и глин $e > 1,1$), а также илы, заторфованные и насыпные грунты.

Предварительно выбирают тип фундамента в зависимости от грунтовых условий (слабый, среднепрочный или прочный грунт) по табл. 17.

Применение свайных фундаментов наиболее эффективно в районах распространения слабых грунтов. При этом напластование слабых грунтов общей мощностью до 20 м должно полностью прерываться сваями с последующим их заглублением в надёжный (прочный) грунт (при незначительных нагрузках на фундамент в этих условиях допускается устройство висячих свай).

При удовлетворительных (среднепрочных и прочных) грунтовых условиях свайные фундаменты целесообразно устраивать, если ленточные или отдельностоящие фундаменты необходимо закладывать, по грунтовым условиям, на глубину более 3 м для жилых и гражданских зданий или более 4–7 м для каркасных промышленных зданий.

При двухслойном основании, представленном удовлетворительными грунтами мощностью 10–12 м и ниже расположенными слабыми грунтами, устройство свайного фундамента допускается с заглублением свай в надёжном грунте, с последующей проверкой слабого слоя.

Ленточные фундаменты закладывают на глубину не более 5 м в надёжных (удовлетворительных) грунтах. Отдельностоящие фундаменты устраивают под значительно нагруженные колонны, при этом глубина их заложения может достигать 8–10 м.

Применение плитных фундаментов целесообразно, если площадь отдельностоящих, ленточных фундаментов и ростверков свайных фундаментов превышает 50–60% площади застройки здания.

Рекомендуемые типы фундаментов на естественном основании

Основания	Грунты		Тип фундамента	
	прорезаемые	основания	Столбчатый, ленточный, плитный	Свайный
Однослойные	Слабые	Слабые	±	±
	Средней прочности	Средней прочности	±	±
	Прочные	Прочные	+	–
Двухслойные	Слабые	Средней прочности	±	±
		Прочные	±	+
	Средней прочности	Слабые	–	±
		Прочные	±	±
Прочные	Слабые	±	–	
	Средней прочности	±	–	

Примечание. “+” — тип, рекомендуемый для применения; “±” — требуется вариантное проектирование; “–” — не рекомендуется для применения.

С переходом на следующую стадию проектирования под каждое возводимое сооружение потребуется уточнение геологических особенностей его основания, т.е. проведение дополнительных инженерно-геологических изысканий. В связи с этим проектировщик должен будет дать изыскателям техническое задание на их проведение, а они на его основании должны составить программу проведения работ.

В соответствии со СНиП 11-02-96 инженерные изыскания должны выполняться на основании технического задания на производство изысканий, выданного организацией-заказчиком. Форма технического задания и его содержание зависят от вида строительства: вновь возводимое здание (сооружение), реконструкция здания (сооружения) или строительство подземных и заглубленных сооружений.

Техническое задание регламентирует условия для изучения геологических особенностей основания здания (сооружения) или среды для подземного сооружения с учетом его стадии проектирования, уровня ответственности, параметров (размеры в плане, высота, заглубление), конструкции, предполагаемых типов фундаментов и нагрузок на них, а для подземных сооружений еще и способа их устройства (открытый или закрытый способ). Материалы изысканий должны быть достоверными, чтобы обеспечить проектировщика в полном объеме сведениями для окончательного выбора типа фундамента, его расчета и составления проекта производства работ «нулевого» цикла или возведения подземного сооружения.

**Уровень ответственности наземных, подземных
и заглубленных сооружений по МГСН 2.07-01**

Уровень ответственности сооружений	Здания и сооружения
Повышенный I	<p>Резервуары для нефти и нефтепродуктов емкостью 1000 м³ и более</p> <p>Производственные здания с пролетами 100 м и более</p> <p>Сооружения связи, в том числе телевизионные башни высотой 100 м и более</p> <p>Крытые спортивные сооружения с трибунами</p> <p>Жилые здания повышенной этажности (24 этажа и более)</p> <p>Здания крупных торговых центров, в том числе крытых рынков</p> <p>Здания учебных и детских дошкольных учреждений</p> <p>Здания больниц и родильных домов</p> <p>Здания зрелищных учреждений и учреждений культурно-массового назначения (кинотеатры, театры, цирки и пр.)</p> <p>Головные сооружения теплоснабжения, энергоснабжения, водоснабжения и канализации, их подводящие и отводящие трубопроводы</p> <p>Канализационные коллекторы, водопроводные магистрали, общие коллекторы подземных коммуникаций и другие коммуникации жизнеобеспечения города, проходящие под транспортными магистралями, в жилой застройке или в зоне влияния на них</p> <p>Крупные подземные и прочие комплексы, размещаемые в центральной части города или центрах его административных округов</p> <p>Надземные и подземные комплексы различного назначения, в том числе гаражи, автостоянки, размещаемые в пределах красных линий городских магистралей</p> <p>Уникальные здания и сооружения</p> <p>Отдельно стоящие подземные сооружения различного назначения (в том числе гаражи-автостоянки), размещаемые внутри кварталов жилой застройки, с количеством этажей более трех</p>
Нормальный II	<p>Здания и сооружения массового строительства (жилые, общественные, производственные, торговые здания, объекты коммунального назначения, складские помещения и пр.)</p> <p>Уличные и внутриквартальные сети подземных коммуникаций различного назначения</p> <p>Отдельно стоящие подземные сооружения различного назначения (в том числе гаражи-автостоянки), размещаемые внутри кварталов жилой застройки, с количеством этажей не более трех, кроме сооружений гражданской обороны</p> <p>Опоры освещения городских улиц и дорог</p> <p>Временные ограждения траншей и котлованов со сроком службы более 1 года, если их влияние не сказывается на здания и сооружения более высокого уровня ответственности</p> <p>Канализационные коллекторы, водопроводные магистрали, общие коллекторы подземных коммуникаций и др. коммуникации жизнеобеспечения города, не проходящие под транспортными магистралями, расположенные вне жилой застройки и вне зоны влияния на них</p>

Уровень ответственности сооружений	Здания и сооружения
Пониженный III	Здания и сооружения сезонного или вспомогательного назначения (теплицы, парники, торговые павильоны, небольшие склады без процессов сортировки и упаковки и пр.) Жилые дома с 1-3 этажами и подводящие коммуникации к ним. Опоры проводной связи, опоры освещения внутри жилых кварталов, ограды и пр. Временные здания и сооружения со сроком службы до 5 лет Временные ограждения траншей и котлованов со сроком службы до 1 года, если их влияние не сказывается на здания и сооружения более высокого уровня ответственности

При составлении технического задания заказчиком объекта оно должно согласовываться с организацией, проектирующей основания, фундаменты и подземные сооружения (СНиП 11-02—96). Задание определяет состав работ, которые необходимо выполнить для изучения основания будущих сооружений, и регламентирует условия их выполнения. На основании технического задания, используя нормативные документы, изыскатель составляет программу работ. При этом объём и сочетание методов изысканий определяют, учитывая как особенности здания (сооружения), так и инженерно-геологические условия на площадке строительства. К особенностям здания относят уровень его ответственности, функциональное назначение, конструктивные решения, определяющие чувствительность верхнего строения к неравномерным деформациям, тип предполагаемых фундаментов. Объём инженерных изысканий зависит от уровня ответственности здания по ГОСТ 27751—88* или МГСН 2.07—01 (табл. 18), чувствительности его конструкций к осадкам, сложности инженерно-геологических условий участка строительства по СП 11.105—97 (см. табл. 12). По этим факторам определяют геотехническую категорию сложности: 1-я (простая), 2-я (средней сложности), 3-я (сложная).

1-я геотехническая категория объекта включает сооружения пониженного (III) уровня ответственности (см. табл. 18) в простых и средней сложности инженерно-геологических условиях, когда отсутствуют структурно-неустойчивые грунты и опасные геологические процессы.

**Способы и разновидности бурения скважин
при инженерно-геологических изысканиях (СП 11-105—97)**

Способ бурения	Разновидность способа бурения	Диаметр бурения (по диаметру обсадных труб), мм	Условия применения (виды и характеристика грунтов)
Колонковый	С промывкой водой	34—146	Скальные неветрелые (монокитные) и слабоветрелые (трещиноватые)
	С промывкой глинистым раствором	73—146	Скальные слабоветрелые (трещиноватые), ветрелые и сильноветрелые (рухляки), крупнообломочные; песчаные; глинистые
	С продувкой воздухом (охлажденным при проходке мерзлых грунтов)	73—146	Скальные неветрелые (монокитные) и слабоветрелые (трещиноватые), необводненные, а также в мерзлом состоянии; дисперсные, твердомерзлые и пластично-мерзлые
	С промывкой солевыми и охлажденными растворами	73—146	Все виды грунтов в мерзлом состоянии
	С призабойной циркуляцией промывочной жидкости	89—146	Скальные ветрелые и сильноветрелые (рухляки), обводненные, глинистые
	Всухую	89—219	Скальные ветрелые и сильноветрелые (рухляки), песчаные и глинистые необводненные и слабообводненные, твердомерзлые и пластично-мерзлые
Ударно-канатный	Забивной	108—325	Песчаные и глинистые необводненные и слабообводненные, пластичномерзлые
Кольцевым забоем	Клюющий	89—168	Глинистые слабообводненные
Ударно-канатный сплошным забоем	С применением долот и желонки	127—325	Крупнообломочные; песчаные обводненные и слабообводненные
Вибрационный	С применением вибратора или вибромолота	89—168	Песчаные и глинистые обводненные и слабообводненные
Шнековый	Рейсовое (кольцевым забоем)	146—273	Крупнообломочные, песчаные, глинистые слабообводненные и обводненные
	Поточное	108—273	Крупнообломочные, песчаные, глинистые слабообводненные и обводненные

Примечание. Применение других способов бурения допускается при соответствующем обосновании в программе изысканий.

Цели и методы полевых исследований свойств грунтов при инженерно-геологических изысканиях (СП 11-105-97)

Методы полевых исследований свойств грунтов	Цели полевых исследований свойств грунтов				Оценка возможности погружения свай в грунты и несущей способности	Исследуемые грунты			Обозначение государственного стандарта метода исследований
	Расчленение геологического разреза и выделение ИГЭ	Определение физических свойств грунтов	Определение показателей прочностных свойств грунтов	Определение показателей прочности грунта		Оценка прочности грунтов	Крупные обломочные	Песчаные	
Статическое зондирование	+	+	+	+	+	-	+	+	20069—81
Динамическое зондирование	+	+	+	-	+	-	+	+	19912—81
Испытание штампом	-	-	+	-	-	+	+	+	20276—85
Испытание прессиометром	-	+	-	-	+	-	+	+	20276—85
Испытание на срез цилиндров грунта	-	-	+	-	-	+	+	+	23741—79
Вращательный срез	+	-	+	-	+	-	-	+	21719—80
Поступательный срез	+	-	+	-	+	-	+	+	21719—80
Испытание эталонной свай	-	-	-	+	-	+	+	+	5686—94
Испытание натурных свай	-	-	-	+	-	+	+	+	5686—94

Примечания. 1. Знак “+” — исследование выполняется; “-” — исследование не выполняются.

2. Применение полевых методов для исследования скальных грунтов следует устанавливать в программе изысканий в зависимости от их состава, состояния на основании технического задания заказчика.

**Виды лабораторных определений физико-механических свойств
грунтов при инженерно-геологических изысканиях (СП 11-105—97)**

Лабораторное определение	Грунты				Обозначение государственного стандарта на методы определения свойств грунтов
	Скальные	Крупно-обломочные	Песчаные	Глинистые	
Гранулометрический состав	–	+	+	С	12536—79
Петрографический состав	С	С	–	–	–
Минеральный состав	–	С	С	С	–
Валовой химический состав	С	–	С	С	–
Суммарное содержание легко- и среднерастворимых солей	С	С	С	С	–
Емкость поглощения и состав обменных катионов	–	–	–	–	–
Относительное содержание органических веществ	–	С	С	С	23740—79
Природная влажность	С	+	+	+	5180—84
Плотность	+	+	+	+	5180—84
Максимальная плотность (стандартное уплотнение)	–	С	С	С	22733—77
Плотность в предельно плотном и рыхлом состоянии	–	С	С	–	–
Плотность частиц грунта	–	+	+	+	5180—84
Границы текучести и раскалывания	–	С	–	+	5180—84
Угол естественного откоса	–	–	С	–	–
Максимальная молекулярная влагоемкость	–	–	С	С	–
Коэффициент фильтрации	–	–	С	С	25584—90
Размокаемость	С	–	–	С	–
Растворимость	С	–	–	–	–
Коэффициент выветрелости	С	С	–	–	–
Коррозионная активность	–	–	С	С	–
Компрессионное сжатие	–	С	С	+	12248—96
Трехосное сжатие	–	С	С	+	12248—96
Сопrotивление срезу (прочность)	–	С	С	+	12248—96
Сопrotивление одноосному сжатию	+	С	–	С	12248—96 17245—79
Лабораторные испытания.	+	+	+	+	30416—96
Общие положения					

Примечание. Знак: “+” — определения выполняются; “–” — определения не выполняются; “С” — определения выполняются по дополнительному заданию.

2-я геотехническая категория объекта включает сооружения повышенного (I) и нормального (II) уровней ответственности в простых и средней сложности инженерно-геологических условиях.

3-я геотехническая категория объекта включает, как правило, сооружения повышенного (I) и нормального (II) уровней ответственности в сложных инженерно-геологических условиях, а также устройство котлованов подземных и заглублённых сооружений в условиях плотной городской застройки.

В зависимости от геотехнической категории объекта назначают методы испытаний грунтов для определения их расчетных характеристик. Выбор методов испытания грунтов осуществляют в соответствии с требованиями СП 11-105—97 (табл. 19–21).

Основными параметрами механических свойств грунтов, определяющими несущую способность оснований и их деформации, являются прочностные и деформационные характеристики грунтов (угол внутреннего трения φ , удельное сцепление C и модуль деформации грунтов E , предел прочности на одноосное сжатие скальных грунтов R_c). Допускается применять другие параметры, характеризующие взаимодействие фундаментов с грунтом основания и установленные опытным путем (удельные силы пучения при промерзании, коэффициенты жесткости основания и пр.).

Характеристики грунтов природного сложения, а также искусственного происхождения должны определяться, как правило, на основе их непосредственных испытаний в полевых или лабораторных условиях с учетом возможного изменения влажности грунтов в процессе строительства и эксплуатации сооружений. Достоверными методами определения деформационных характеристик дисперсных грунтов являются их полевые испытания статическими нагрузками в шурфах, дудках или котлованах с помощью плоских горизонтальных штампов площадью 2500–5000 см², а также в скважинах с помощью винтовой лопасти-штампа площадью 600 см² (ГОСТ 20276—99). Модули деформации E песчаных и глинистых грунтов, не обладающих резко выраженной анизотропией их свойств в горизонтальном и вертикальном направлениях, могут быть определены по испытаниям радиальными и лопастными прессиометрами в скважинах или массиве (ГОСТ 20276—99).

Для сооружений I уровня ответственности значения E по данным прессиометрических испытаний должны уточняться на основе их сопоставления с результатами параллельно проводимых испытаний

того же грунта штампами. Для зданий и сооружений II и III уровня ответственности допускается определять значения E только по испытаниям грунтов прессиометрами, используя корректировочные коэффициенты по указаниям ГОСТ 20276—99.

Модули деформации песчаных и глинистых грунтов могут быть определены методом статического зондирования (ГОСТ 19912—2001), а песчаных грунтов (кроме водонасыщенных пылеватых) — методом динамического зондирования (ГОСТ 19912—2001).

При определении физико-механических характеристик грунтов в качестве показателей зондирования следует принимать:

- при *статическом зондировании* (по ГОСТ 19912—2001) — удельное сопротивление грунта под конусом зонда q_3 и удельное сопротивление грунта по муфте трения зонда f_3 . В случае применения зонда I типа сопротивление грунта по боковой поверхности Q_3 пересчитывается для каждого инженерно-геологического элемента на удельное сопротивление грунта трению f_3 , где f_3 — среднее значение сопротивления грунта по боковой поверхности зонда, кПа ($\text{тс}/\text{м}^2$), определяемое как частное от деления измеренного общего сопротивления по боковой поверхности зонда на площадь его боковой поверхности в пределах от подошвы до кровли инженерно-геологического элемента в точке зондирования;

- при *динамическом зондировании* по (ГОСТ 19912—2001) — условное динамическое сопротивление грунта погружению зонда p .

Для зданий и сооружений I и II уровня ответственности значения E по данным зондирования должны уточняться на основе их сопоставления с результатами параллельно проводимых испытаний того же грунта штампами. Для зданий и сооружений III уровня ответственности допускается определять значения E только по результатам зондирования, используя табл. 22–26, приведенные в СП 11-105—97 и МГСН 2.07—01.

Т а б л и ц а 22

**Нормативные значения модуля деформации песков E , МПа
(СП 11.105—97)**

Глубина зондирования, м	Нормативный модуль деформации песчаных грунтов E при q_3 , МПа									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
2	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
5 и более	17	20	22	25	28	30	33	36	38	41

**Нормативные значения модуля деформации песков E , МПа,
в зависимости от q_3 , МПа (МГСН 2.07—01)**

Происхождение и возраст грунтов	Зависимость E , МПа, от q_3 , МПа
Пески: современные аллювиальные (aQ_4) и озёрно-болотные (l, hQ_4)	$E = 3q_3$
древнеаллювиальные (aQ_3), флювиогляциальные (fQ_2) и внутриморенные (gQ_2)	$E = 2,5q_3 + 10$

**Нормативные значения механических характеристик
глинистых грунтов (СП 11.105—97)**

Значения q_3 , МПа	Нормативные значения модуля деформации E , угла внутреннего трения φ и удельного сцепления C суглинков и глин (кроме грунтов ледникового комплекса)				
	E , МПа	Суглинки		Глины	
		φ , град.	C , кПа	φ , град.	C , кПа
0,5	3,5	16	14	14	25
1	7	19	17	17	30
2	14	21	23	18	35
3	21	23	29	20	40
4	28	25	35	22	45
5	35	26	41	24	50

**Нормативные значения модуля деформации E , МПа,
глинистых грунтов в зависимости от q_3 , МПа (МГСН 2.07—01)**

Происхождение и возраст грунтов	Зависимость E , МПа, от q_3 , МПа
Суглинки и глины: современные аллювиальные (aQ_4) и озёрно-болотные (l, hQ_4)	$E = 7q_3$
покровные ($prQ_{2.3}$), озёрно-болотные (l, hQ_3) и озёрно-ледниковые (lgQ_2)	$E = 7, 8q_3 + 2$
моренные (gQ_2)	$E = 7q_3 + 5$
флювиогляциальные (fQ_2)	$E = 3q_3 + 8$

**Нормативные значения механических характеристик песков
по показателю динамического зондирования p , МПа (СП 11.105—97)**

Пески	Характеристики свойств грунтов	Нормативные E , МПа, и φ , град., при p , МПа												
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20			
Все генетические типы, кроме аллювиальных и флювиогляциальных:														
крупные и средней крупности независимо от влажности	E , МПа	21	31	39	45	51	55	59	62	64	66			
мелкие независимо от влажности	φ , град.	31	34	36	38	39	40	41	42	43	43			
пылеватые (неводонасыщенные)	E , МПа	15	23	30	34	39	42	45	48	51	53			
	φ , град.	29	32	33	35	36	37	38	39	40	41			
Аллювиальные и флювиогляциальные	E , МПа	10	18	23	27	30	33	36	38	40	42			
	φ , град.	27	29	31	32	33	34	35	36	37	37			
	E , МПа	15	24	32	41	49	57	65	73	81	89			

Для сооружений I и II уровня ответственности полученные зондированием значения φ и C должны уточняться на основе их сопоставления с результатами параллельно проводимых испытаний того же грунта методами среза или трехосного сжатия. В остальных случаях допускается определять значения φ и C только по данным зондирования, используя табл. 24, 27–30 (СП 11-105—97 и МГСН 2.07—01).

Нормативные значения угла внутреннего трения φ песков (СП 11.105—97)

Значения q_3 , МПа	Нормативный угол внутреннего трения песчаных грунтов φ , град., при глубине зондирования, м	
	2	5 и более
1,5	28	26
3	30	28
5	32	30
8	34	32
12	36	34
18	38	36
26	40	38

**Нормативные значения угла внутреннего трения ϕ песков
(МГСН 2.07—01)**

Глубина зондирования, м	Значения ϕ при q_3 , МПа, равном						
	1	2	3	4	5	6	10 и более
2	30	32	34	36	38	40	42
5 и более	28	30	32	34	36	38	40

Т а б л и ц а 29

**Нормативные значения угла внутреннего трения ϕ°
и удельного сцепления C , кПа, суглинков
и глин ледникового комплекса (МГСН 2.07—01)**

Значения q_3 , МПа	Значения ϕ° и C , кПа, для грунтов							
	моренных, озёрно-ледниковых и покровных				флювиогляциальных			
	Суглинки		Глины		Суглинки		Глины	
	ϕ°	C	ϕ°	C	ϕ°	C	ϕ°	C
1	15	22	13	35	14	20	12	29
2	17	43	16	57	16	35	15	46
3	20	63	19	79	19	50	18	63
4	23	82	22	101	22	65	21	80

Т а б л и ц а 30

**Нормативные значения угла внутреннего трения ϕ°
и удельного сцепления C , кПа, четвертичных суглинков и глин
(кроме грунтов ледникового комплекса) (МГСН 2.07—01)**

Характеристика	Значения ϕ° и C , кПа, при q_3 , МПа, равном				
	1	2	3	4	5
ϕ°	20	21	22	23	24
C , кПа	25	28	32	35	40

Определение вероятности разжижения песков при динамических нагрузках следует выполнять по табл. 31.

**Оценка вероятности разжижения песков при динамических нагрузках
(СП 11.105—97)***

Значения p , МПа		Вероятность разжижения песков при динамических нагрузках
Среднее	Минимальное	
Менее 1,5	Менее 0,5	Большая вероятность разжижения (пески рыхлого сложения, сцепление практически отсутствует)
От 1,5 до 2,7	От 0,5 до 1,1	Разжижение возможно (пески рыхлые или средней плотности со слабо развитым сцеплением)
От 2,7 до 3,8	От 1,1 до 1,6	Вероятность разжижения невелика (пески средней плотности с развитым сцеплением)
Более 3,8	Более 1,6	Разжижение песков практически невозможно (пески плотные и средней плотности с хорошо развитым сцеплением)

Примечание. Оценка разжижаемости песков производится по средним значениям p . Учет минимальных значений повышает достоверность прогноза.

Для объектов 1-й геотехнической категории характеристики грунтов могут быть назначены по материалам изысканий прошлых лет, таблицам СНиП 2.02.01—83*.

Для объектов 2-й и 3-й геотехнических категорий характеристики грунтов должны устанавливаться на основе непосредственных испытаний грунтов в полевых и лабораторных условиях:

- штампом, прессиометром, зондированием — в полевых условиях;
- на одноплоскостной срез, трехосное сжатие, одноосное сжатие (для полускальных и скальных грунтов), компрессию и фильтрацию, определение состава грунтов и воды – в лабораторных условиях.

В результате статистической обработки частных значений характеристик грунтов по ГОСТ 20522—2012 должны быть вычислены их нормативные и расчетные значения.

Прочностные характеристики песков и глинистых грунтов допускается принимать при соответствующем обосновании по таблицам СНиП 2.02.01—83* (см. прил. 6, табл. П6–1, П6–2, П6–5) и рисункам (см. прил. 6, табл. П6–1—П6–4).

*Таблицы заимствованы из СП 11.105—97.

Для объектов 3-й геотехнической категории, дополнительно к вышеизложенным требованиям должны быть определены состав и свойства специфических грунтов и проведены все необходимые исследования, связанные с развитием опасных геологических и инженерно-геологических процессов. Должны выполняться опытно-фильтрационные работы, стационарные наблюдения и другие специальные работы и исследования в соответствии с техническим заданием и программой изысканий, а также привлекаться специализированные научные организации.

При изысканиях для проектирования свайных фундаментов из висячих свай глубина проходки выработок и исследований грунтов должна быть не менее чем на 10 м ниже проектируемой глубины погружения свай, а для объектов выше 12 этажей половина всех выработок должна иметь глубину не менее ширины объекта. Для свайно-плитных фундаментов глубина проходки выработок и исследований грунтов должна быть ниже концов свай на величину ширины плиты, но не менее чем на 15 м.

В качестве несущего слоя для свайных фундаментов могут служить скальные грунты, пески разной крупности средней плотности и плотные и глинистые грунты от твердой до тугопластичной консистенции.

Для подземных и заглубленных сооружений в зависимости от их особенностей и вида при полевых и лабораторных исследованиях физико-механических свойств грунтов по специальному заданию могут определяться дополнительные специфические характеристики, необходимые для расчетов оснований сооружений и их конструкций, а также применяться геофизические и другие методы.

Оценку влияния геологических факторов на строительное освоение территории целесообразно вести по каждому геоморфологическому элементу или его части, т.е. с учетом районирования территории по категориям сложности (см. табл. 13). При этом особое внимание следует уделить геологическим факторам, оказывающим наибольшее влияние на строительство, и дать соответствующие рекомендации, которые необходимо учесть при проектировании здания, производстве работ по его возведению и инженерной защите территории.

Техническое задание на инженерно-геологические изыскания и программа на их проведение составляются для любого предполагаемого к возведению в данном районе здания. Программу составляют только студенты, обучающиеся по специальности «Инженерные изыскания в строительстве».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

НОРМАТИВНЫЙ

- ГОСТ 25100—2011. Грунты. Классификация. Москва, 2011.
- ГОСТ 20522—2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. Москва, 2012.
- ГОСТ 21.302—96. СПДС. Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям. Москва, 1997.
- ГОСТ Р 51232—98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. Москва, 1998.
- ГОСТ 5180—84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. Москва, 1985.
- ГОСТ 12248—96. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. Москва, 1997.
- ГОСТ 12536—79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. Москва, 1980.
- ГОСТ 5686—94. Грунты. Методы полевых испытаний сваями. Москва, 1995.
- ГОСТ 19912—2001. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием. Москва, 2001.
- ГОСТ 20276—99. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости. Москва, 1999.
- ГОСТ 21719—80. Грунты. Метод полевых испытаний на срез в скважинах и в массиве. Москва, 1981.
- ГОСТ 22733—2002. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности. Москва, 2002.
- ГОСТ 23001—90. Грунты. Методы лабораторных определений плотности и влажности. Москва, 1991.
- ГОСТ 23740—79. Грунты. Метод лабораторного определения содержания органических веществ. Москва, 1980.
- ГОСТ 25584—90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации. Москва, 1991.
- ГОСТ 27751—88*. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету. Москва, 2009.
- ГОСТ 30416—96. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. Москва, 1997.
- МГСН 2.07—01. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Москва, 2003.
- СНиП 11—01—2003. Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений. Москва, 2004.
- СНиП 11—02—96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Москва, 1997.

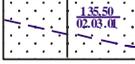
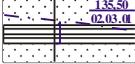
- СНиП 2.02.01—83*. Основания зданий и сооружений. Москва, 2004.
- СНиП 22—02—2003. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Москва, 2004.
- СНиП 2.03.11—85. Защита строительных конструкций от коррозии. Москва, 1986.
- СНиП 22—01—95. Геофизика опасных природных воздействий. Москва, 1996.
- СНиП 3.02—01—83. Основания и фундаменты. Москва, 1984.
- СНиП 23—01—99. Строительная климатология. Москва, 2000.
- СП 11—105—97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. I. Общие правила производства работ. Москва, 1998.
- СП 11—105—97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. Москва, 2000.
- СП 11—105—97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов. Москва, 2000.
- Инструкция по инженерно-геологическим и геоэкологическим изысканиям в г. Москве / Правительство Москвы; Москомархитектура. Москва, 2004.
- Инструкция по проектированию зданий и сооружений в районах с проявлением карстово-суффозионных процессов. Москва, 1984.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ

- Ананьев, В.П.* Инженерная геология : учебник / В.П. Ананьев, А.Д. Потапов. Москва : Высшая школа, 2000.
- Ананьев, В.П.* Основы геологии, минералогии и петрографии / В.П. Ананьев, А.Д. Потапов. Москва : Высшая школа, 2005.
- Гребнев, Ю.С.* Инженерная защита от опасных геологических процессов : руководство по расчету и проектированию противооползневых мероприятий. Москва : ГЕОС, 2008.
- Инженерная геология СССР. Платформенные регионы европейской части СССР. В 2-х кн. / Е.М. Сергеев [и др.]. Москва : Недра, 1992.
- Инженерная геология и геоэкология : учебное пособие / П.И. Кашперюк [и др.]. Москва, 2007.
- Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений / А.К. Агаджанян [и др.]. Ленинград : Недра, 1987.
- Справочник по инженерной геологии. Москва : Недра, 1981.
- Потапов, А.Д.* Изучение горных пород : методические указания / А.Д. Потапов, П.И. Кашперюк, Н.А. Платов. Москва, 1992.
- Шутейко, Л.Н.* Основания и фундаменты : курсовое и дипломное проектирование / Л.Н. Шутейко, А.Д. Гильман, Ю.Т. Лукан. Киев : Высшая школа, 1989.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Условные обозначения, применяемые при оформлении графического материала

-  Местоположение реки, её название и направление течения (синий цвет)
- Геоморфологические границы:
-  - пойма (пойма закрашивается бледно-зелёным цветом)
 -  - первая надпойменная терраса (терраса закрашивается жёлтым цветом)
 -  - вторая надпойменная терраса (терраса закрашивается тёмно-жёлтым цветом)
 -  - склон коренного берега (оранжевый цвет)
 -  - коренной берег (светло-коричневый цвет)
 -  - горизонталь рельефа поверхности земли (черный цвет)
 -  - горизонталь поверхности кровли коренных пород (коричневый цвет)
 -  - гидрогипс и её отметка (линия и отметка синего цвета);
[если на карте присутствуют два водоносных горизонта, то для второго водоносного горизонта изогипсы показываются фиолетовым цветом]
 -  - линия тока (синий цвет)
 - $\alpha = 5$ - величина уклона поверхности земли, град
 - $I = 0,002$ - величина гидравлического градиента
- | а) | б) | в) |
|-------------------|--|----|
| a-Q _{iv} |  | 8 |
| a-Q _{ii} |  | 3 |
- а) генезис и возраст грунтов;
б) литологический состав;
в) мощность грунта в м
-  - гидрогеологическое окно (линия и стрелки синего цвета)
 -  - родник (синий цвет)
 -  - абсолютная отметка уровня воды (числитель) и дата замера (знаменатель)
- поверхность безнапорных вод (синий цвет)
 -  - абсолютная отметка уровня установления воды (числитель) и дата замера (знаменатель)
- пьезометрический уровень напорных вод (синий цвет)
 -  - величина напора (стрелка синего цвета)
 -  - безнапорные подземные воды (голубой цвет)
 -  - горизонт напорных подземных вод (штриховка голубого цвета)

Продолжение прил. 1



- гидроизобата и глубина залегания подземных вод (линия синего цвета)



- подтопленная территория (синий цвет), т.е. территория, где глубина залегания подземных вод менее 2 м;



- территория, где будут подтоплены все сооружения (лёгкие, средние и тяжёлые) с глубиной залегания подземных вод от 2 до 5 м (штриховка синего цвета)



- территория, где будут подтоплены средние и тяжёлые сооружения с глубиной залегания подземных вод от 5 до 10 м (штриховка синего цвета)



- территория, где будут подтоплены тяжёлые сооружения с глубиной залегания подземных вод от 10 до 15 м (штриховка синего цвета)



- территория, где подземные воды не подтапливают сооружения всех типов, с глубиной залегания подземных вод более 15 м



- инженерно-геологический элемент и его номер



- Стратиграфические границы
а) установленные
б) предполагаемые



- границы стратиграфического несогласия



- Литологические границы и границы инженерно-геологических элементов



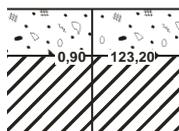
МЕСТО ОТБОРА ОБРАЗЦОВ:
- грунта ненарушенной структуры
- грунта нарушенной структуры
- подземных вод



КРУПНОСТЬ ПЕСКОВ:
- соответственно: гравелистый, крупный, средней крупности, мелкий и пылеватый



ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ СЛОЖЕНИЯ ПЕСКОВ:
- Плотность песков, соответственно: рыхлый, средней плотности, плотный



- Глубина (слева) и абсолютная отметка (справа) подошвы слоя, м



- Линия геологического разреза и его номер



- Буровая скважина, её номер и абсолютная отметка устья



- Точка статического зондирования, её номер и абсолютная отметка устья

Состояние грунтов

	Пески	Супеси	Суглинки и глины
	маловлажные	твёрдые	твёрдые
	—	—	полутвёрдые
	—	—	тугопластичные
	влажные	пластичные	мягкопластичные
	—	—	текучепластичные
	водонасыщенные	текучие	текучие



- участок развития речной боковой эрозии (красный цвет);



- оврагообразование (красный цвет);



- заболоченность (синий цвет);



- оползневые участки (красный цвет);



- участки развития химической суффозии (карст) (красный цвет);



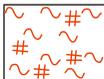
- участки развития механической суффозии (красный цвет);



- участки залегания просадочных грунтов (красный цвет);



- участки залегания набухающих грунтов (красный цвет);



- участки залегания органоминеральных грунтов (красный цвет)



- размыв дна оврага (красный цвет)



- простирание, падение и угол падения слоёв

**Условные графические обозначения основных видов грунтов
и их особенностей (по ГОСТ 21.302—96)**

	Брекчия		Гумусированность
	Известняк		Железистость
	Доломит		Зайленность
	Мергель		Закарстованность
	Песчаник		Кавернозность
	Гранит		Заторфованность
	Сиенит		Слюдистость
	Гнейс		Песчанность
	Кварцит		Крупнообломочные включения (валуны, щебень, галечник, гравий, дресва)
	Мрамор		Кремнистость
	Глинистый сланец		Известковистость
Состояние грунтов			Засоленность
	Выветрелость		Фосфоритность
	Трещиноватость		Загипсованность
	Глинистость		Гнёзда песков

Варианты оформления графического материала

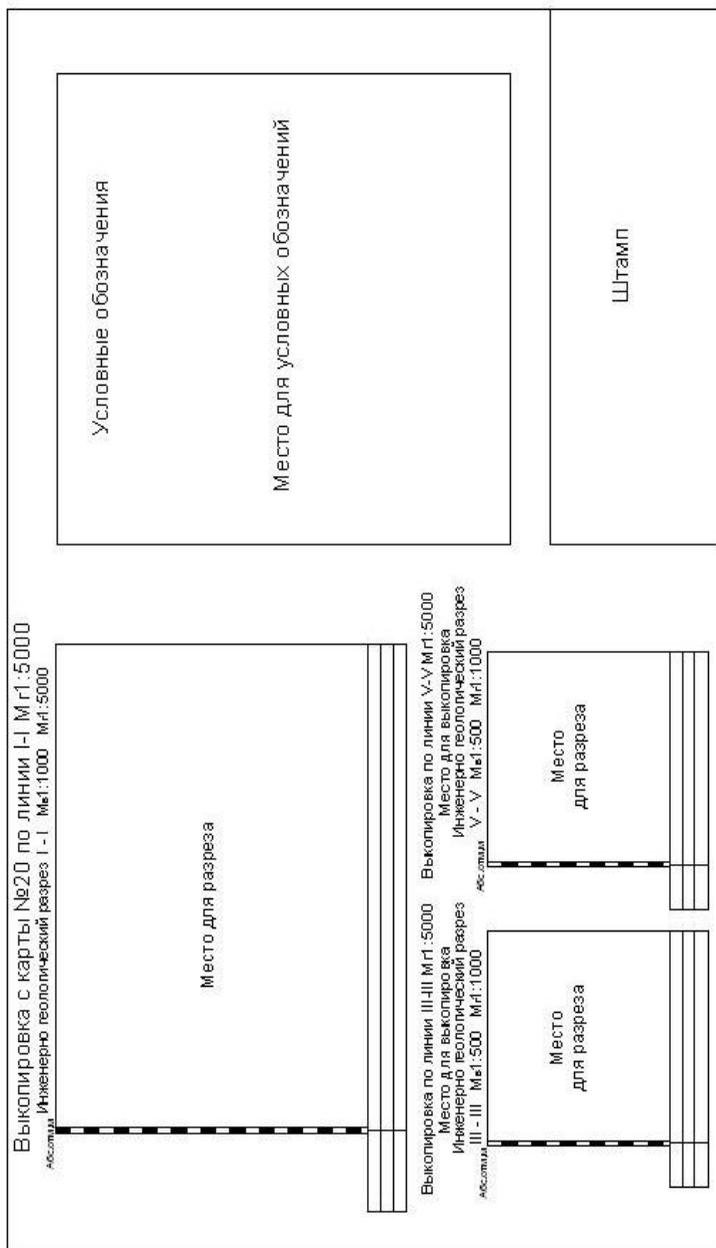


Рис. 1 Вариант компоновки листа с геологическими разрезами. (формат А-1)

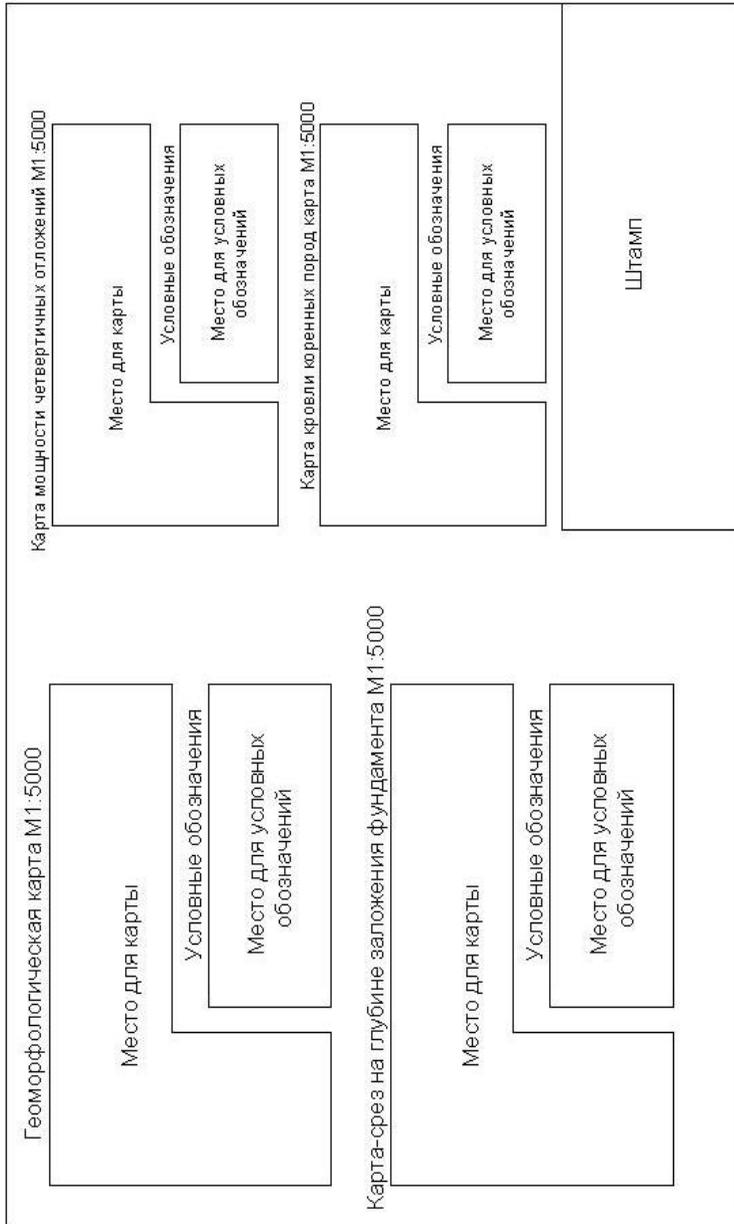


Рис. 2 Вариант компоновки листа с геологическими картами. (формат А-1)



Рис. 3. Пример заполнения информационной таблицы под геологическими разрезами

				МГСУ кафедра Инженерной геологии и геоэкологии					
				Оценка геологических условий района строительства					
Исполнит.	Ф.И.О.	Подпись	Дата	Результаты инженерно-геологических изысканий					
Выполнил							Стадия	Лист	Листов
Консультант							У	1	3
Проверил				Геологические разрезы					
							МГСУ ГСС III-10 Москва, 2013		

Рис. 4. Пример заполнения штампа листа с геологическими разрезами

Москва, 2013

				МГСУ кафедра Инженерной геологии и геоэкологии					
				Оценка геологических условий района строительства					
Исполнит.	Ф.И.О.	Подпись	Дата	Результаты инженерно-геологических изысканий					
Выполнил							Стадия	Лист	Листов
Консультант							У	2	3
Проверил				Геологические карты					
							МГСУ ГСС III-10 Москва, 2013		

Рис. 5. Пример заполнения штампа одного из листов с геологическими картами

Классификация грунтов

Грунты — горные породы, являющиеся объектом инженерно-строительной деятельности человека и используемые им как основание, среда или материал для возведения сооружений.

По генезису горные породы делятся на магматические, осадочные и метаморфические. Магматические породы, образовавшиеся в результате застывания магмы, имеют кристаллическую, порфировую или скрытокристаллическую структуру и, согласно ГОСТ 25100—2011, относятся к скальным грунтам. Осадочные породы, образовавшиеся в результате выветривания (разрушения под действием окружающей среды) горных пород и последующего осаждения продуктов выветривания из воздуха и воды, а также химических процессов и накопления продуктов жизнедеятельности организмов, могут быть скальными и нескальными. Метаморфические породы образуются в результате изменения магматических и осадочных пород под действием высоких температур и больших давлений. Они обладают жесткими, преимущественно кристаллизационными связями и классифицируются как скальные грунты.

Грунты могут являться четырёхкомпонентными системами и состоять из минеральных частиц, поры между которыми заполнены водой, газом и гумусом (почва), трёхкомпонентными (глинистый грунт), двухкомпонентными (водонасыщенный галечник) и даже однокомпонентными (нетрециноватый скальный грунт). Строительные свойства грунтов определяются минералогическим и гранулометрическим составом, содержанием органических веществ, структурой, текстурой и состоянием в естественном залегании.

Под структурой грунта понимают размер, форму и количественное соотношение слагающих его частиц, а также характер связи между ними. Грунты могут обладать жесткими структурными связями (кристаллизационными и цементационными), механическими и водно-коллоидными, а также криогенными структурными связями, обусловленными наличием льда и отрицательной температурой. В зависимости от характера структурных связей, согласно ГОСТ 25100—2011, выделяют четыре класса грунтов:

I. Класс природных скальных грунтов (с жесткими структурными связями — кристаллизационными и цементационными).

II. Класс природных дисперсных грунтов (с механическими и водно-коллоидными структурными связями).

III. Класс природных мёрзлых грунтов (с криогенными структурными связями, т.е. наличием льда и отрицательной температурой).

IV. Класс техногенных грунтов (с различными структурными связями, возникшими в результате деятельности человека).

Характеристика природных скальных грунтов (по ГОСТ 25100—2011)

Показатель	Состояние грунта	Величина показателя
Предел прочности на одноосное сжатие R_c , МПа	Очень прочный	> 120
	Прочный	120—50
	Средней прочности	50—15
	Малопрочный	15—5
	Пониженной прочности	5—3
	Низкой прочности	3—1
	Очень низкой прочности	< 1
Плотность скелета ρ_d , г/см ³	Очень плотный	> 2,50
	Плотный	2,50—2,10
	Рыхлый	2,10—1,20
	Очень рыхлый	< 1,20
Коэффициент выветрелости K_{wr} , доли ед.	Невыветрелый (породы залегают в виде сплошного массива)	1
	Слабовыветрелый (породы залегают в виде отдельностей) — трещиноватый	1—0,9
	Выветрелый (породы залегают в виде скопления кусков, переходящих в трещиноватую скалу)	0,9—0,8
	Сильновыветрелый (рухляк) (породы залегают во всем массиве в виде отдельных кусков)	< 0,8
Коэффициент размягчаемости K_{sof} , доли ед.	Неразмягчаемые	$\geq 0,75$
	Размягчаемые	< 0,75
Степень растворимости в воде q_{sf} , г/л	Нерастворимый	< 0,01
	Труднорастворимый	0,01—1
	Среднерастворимый	1—10
	Легкорастворимый	> 10
Коэффициент фильтрации K_f , м/сут (степень водопроницаемости)	Неводопроницаемый	< 0,05
	Слабоводопроницаемый	0,05—0,3
	Водопроницаемый	0,3—3
	Сильноводопроницаемый	3—30
	Очень сильноводопроницаемый	> 30
Степень засоленности D_{sal} , %	Незасоленный	≤ 2
	Засоленный	> 2

Под текстурой грунтов понимают пространственное расположение элементов грунта с разным составом и свойствами. Таким образом, текстура характеризует неоднородность строения грунта и определяет ин-

тенсивность и направление деформаций сдвига массива грунта, а также пути фильтрации воды.

Установление характерных диапазонов изменения физико-механических свойств грунтов со схожими структурно-текстурными особенностями положено в основу их инженерно-геологической классификации (ГОСТ 25100—2011).

К классу природных скальных грунтов относятся магматические, метаморфические и прочные силикатные и карбонатные осадочные грунты (песчаник, известняк, гипс и др.). В инженерно-геологических целях для оценки прочности грунта, его устойчивости к воздействию окружающей среды, водопроницаемости, состояния на момент изысканий скальные грунты подразделяют по соответствующим показателям, определяемым их структурно-текстурными особенностями, приведённым в табл. П4–1.

По сравнению со скальными грунтами дисперсные грунты обладают большим разнообразием структурно-текстурных особенностей, более подвержены резкой изменчивости физического состояния, обладают широким диапазоном изменения пористости, слабыми структурными связями, а вследствие этого имеют меньшую прочность, большую деформируемость и весьма различную водопроницаемость.

Дисперсные грунты делятся на связные (глинистые, органоминеральные и органические грунты) и несвязные (песчаные и крупнообломочные).

По гранулометрическому составу и числу пластичности глинистые грунты подразделяются согласно табл. П4–2.

Т а б л и ц а П4–2

Подразделение глинистых грунтов по гранулометрическому составу и числу пластичности (по ГОСТ 25100—2011)

Разновидность глинистых грунтов	Содержание песчаных частиц (2–0,05 мм), % по массе	Число пластичности I_p
Супесь: песчанистая пылеватая	50 и более Менее 50	От 1 до 7 включ.
Суглинок: легкий песчанистый легкий пылеватый тяжелый песчанистый тяжелый пылеватый	40 и более Менее 40 40 и более Менее 40	Свыше 7 до 12 включ. Свыше 7 до 12 включ. Свыше 12 до 17 включ. Свыше 12 до 17 включ.
Глина: легкая песчанистая легкая пылеватая тяжелая	40 и более Менее 40 Не регламентируется	Свыше 17 до 27 включ. Свыше 17 до 27 включ. Свыше 27

В зависимости от влажности глинистые грунты имеют разное физическое состояние (консистенцию), влияющее на их прочностные и деформационные свойства, что требует подразделения глинистых грунтов в соответствии с табл. П4–3.

Т а б л и ц а П4–3

**Подразделение глинистых грунтов по показателю текучести
(по ГОСТ 25100—2011)**

Разновидность глинистых грунтов	Показатель текучести I_L
Супесь:	
твёрдая	< 0
пластичная	0—1
текучая	> 1
Суглинки и глины:	
твёрдые	< 0
полутвёрдые	0—0,25
тугопластичные	0,25—0,5
мягкопластичные	0,5—0,75
текучепластичные	0,75—1
текучие	> 1

Гранулометрический и минеральный состав глинистых грунтов, их генезис обуславливают различную степень объёмных деформаций при изменении влажности грунта и подразделение глинистых грунтов на набухающие (табл. П4–5) и просадочные (табл. П4–5).

Т а б л и ц а П4–4

**Подразделение глинистых грунтов по относительной деформации
набухания без нагрузки ϵ_{sw} (по ГОСТ 25100—2011)**

Разновидность глинистых грунтов	Относительная деформация набухания без нагрузки ϵ_{sw} , доли ед.
Ненабухающий	< 0,04
Слабонабухающий	0,04—0,08
Средненабухающий	0,08—0,12
Сильнонабухающий	> 0,12

Т а б л и ц а П4–5

**Подразделение глинистых грунтов по относительной деформации
просадочности ϵ_{sL} (по ГОСТ 25100—2011)**

Разновидность глинистых грунтов	Относительная деформация просадочности ϵ_{sL} , доли ед.
Непросадочный	< 0,01
Просадочный	$\geq 0,01$

Несвязные дисперсные грунты по гранулометрическому составу подразделяются согласно табл. П4–6.

Т а б л и ц а П 4–6

Гранулометрические разновидности крупнообломочных грунтов и песков (по ГОСТ 25100—2011)

Разновидности крупнообломочных и песчаных грунтов	Размер зёрен, частиц d , мм	Содержание зёрен, частиц, % по массе
<i>Крупнообломочные</i>		
Валунный грунт (при преобладании неокатанных частиц — глыбовый)	> 200	> 50 %
Галечниковый грунт (при преобладании неокатанных частиц — щебенистый)	> 10	> 50 %
Гравийный грунт (при преобладании неокатанных частиц — дресвяный)	> 2	> 50 %
<i>Пески</i>		
Песок гравелистый	> 2	> 25 %
Песок крупный	> 0,5	> 50 %
Песок средней крупности	> 0,25	> 50 %
Песок мелкий	> 0,10	≥ 75
Песок пылеватый	> 0,10	< 75

Примечания. Для установления наименования грунта последовательно суммируются проценты содержания частиц: сначала — крупнее 200 мм, затем — крупнее 10 мм и т.д. Наименование грунта принимается по первому удовлетворяющему показателю. При наличии в крупнообломочном грунте песчаного заполнителя более 40 % или глинистого более 30 % от общей массы воздушно-сухого грунта добавляется наименование вида заполнителя и указывается характеристика его состояния. Например, щебень с заполнителем сугупью пластичной.

По степени неоднородности гранулометрического состава C_u крупнообломочные и песчаные грунты подразделяются на:

- однородные $C_u \leq 3$;
- неоднородные $C_u > 3$.

Плотность сложения песков оценивается по величине коэффициента пористости e (табл. П4–7) или по коэффициенту относительной плотности I_D (табл. П4–8).

**Плотность сложения песков в зависимости
от коэффициента пористости e (по ГОСТ 25100—2011)**

Зерновой состав	Разновидности песков		
	Плотные	Средней плотности	Рыхлые
Гравелистые, крупные и средней крупности	$e < 0,55$	$0,55 < e < 0,70$	$e > 0,70$
Мелкие	$e < 0,60$	$0,60 < e < 0,75$	$e > 0,75$
Пылеватые	$e < 0,60$	$0,60 < e < 0,80$	$e > 0,80$

**Плотность сложения песков в зависимости от коэффициента
относительной плотности I_D (по ГОСТ 25100—2011)**

Разновидность песков	Степень плотности I_D , доли ед.
Слабоуплотнённый (рыхлый)	0—0,33
Среднеуплотнённый (средней плотности)	0,33—0,66
Сильноуплотнённый (плотный)	0,66—1,00

Степень водонасыщения крупнообломочных грунтов водой оценивается по коэффициенту водонасыщения S_r , в соответствии с которым они подразделяются согласно табл. П4–9.

**Степень водонасыщения крупнообломочных грунтов и песков
по коэффициенту водонасыщения S_r (по ГОСТ 25100—2011)**

Разновидность грунтов	Коэффициент водонасыщения S_r , доли ед.
Малой степени водонасыщения	0—0,50
Средней степени водонасыщения	0,50—0,80
Насыщенные водой	0,80—1,00

Глинистый грунт и песок в своём составе могут содержать органику, которая существенно меняет их прочностные и деформационные характеристики и требует соответствующего подразделения этих грунтов в зависимости от содержания органического вещества I_r (табл. П4–10).

**Степень заторфованности глинистых грунтов и песков
(по ГОСТ 25100—2011)**

Разновидность грунтов	Относительное содержание органического вещества I_r , доли ед.	
	Глинистые грунты	Пески
Сильноторфованный	0,50—0,40	—
Среднетоторфованный	0,40—0,25	—
Слабототорфованный	0,25—0,10	—
С примесью органических веществ	0,10—0,05	0,10—0,03

Прочность крупнообломочных грунтов зависит от минерального состава и степени подверженности их воздействию окружающей среды. По коэффициенту истираемости K_{fr} крупнообломочные грунты подразделяют на:

- очень прочные (менее 0,10);
- прочные (0,10—0,20);
- средней прочности (0,20—0,30);
- малопрочные (0,30—0,40);
- пониженной прочности (более 0,40).

По коэффициенту выветрелости K_{wr} крупнообломочные грунты подразделяют на:

- неветрелые (менее 0,50);
- слабовыветрелые (0,50—0,75);
- сильновыветрелые (0,75—1,0).

Физико-механические свойства грунтов

Т а б л и ц а П5–1

Наиболее часто встречающиеся значения некоторых физико-механических свойств некоторых магматических и метаморфических скальных грунтов

Породы	Плотность ρ , т/м ³	Плотность минеральных частиц ρ_s , т/м ³	Пористость n , %	Временное сопротивление сжатию перпендикулярно слоям R_c , МПа	Коэффициент Пуассона μ	Модуль упругости $E \cdot 10^4$, МПа
Гранит	—	—	—	—	<u>0,12–0,29</u> 0,20	<u>3,9–7,8</u> —
Сиенит	—	—	—	—	0,22	<u>6,0–6,5</u> —
Габбро	—	—	—	—	0,24	<u>8,6–10,5</u> —
Гнейс	<u>2,65–3,00</u> 2,73	<u>2,67–3,05</u> 2,86	<u>0,5–5,5</u> 2,5	<u>160–280</u> 230	<u>0,09–0,29</u> 0,20	<u>1,6–3,4</u> 2,5
Кварцит	<u>2,68–2,70</u> 2,69	<u>2,69–2,72</u> 2,71	<u>0,2–3,0</u> 1,5	<u>150–300</u> 250	<u>0,26–0,35</u> 0,29	<u>5,5–7,6</u> 7,0
Мрамор	<u>2,66–2,70</u> 2,69	<u>2,68–2,71</u> 2,70	<u>2,5–4,0</u> 3,2	<u>60–180</u> 110	<u>0,20–0,31</u> 0,28	<u>4,2–6,8</u> 6,3
Сланец глинистый	<u>2,65–2,68</u> 2,67	<u>2,66–2,70</u> 2,68	<u>1,6–4,2</u> 2,8	<u>20–40</u> 30	<u>0,07–0,18</u> 0,14	<u>1,2–1,7</u> 1,5
Сланец кварц-хлорит-биотитовый	<u>2,66–2,69</u> 2,67	<u>2,69–2,72</u> 2,70	<u>0,8–3,0</u> 2,0	<u>45–90</u> 80	<u>0,09–0,28</u> 0,20	<u>1,5–2,9</u> 2,4
Сланец кварц-мусковитовый	<u>2,66–2,68</u> 2,67	<u>2,70–2,74</u> 2,72	<u>0,5–2,1</u> 1,8	<u>80–160</u> 120	<u>0,10–0,30</u> 0,22	<u>1,4–3,1</u> 2,5

Примечание. В числителе даны предельные значения, в знаменателе — средние.

**Наиболее часто встречающиеся значения некоторых
физико-механических свойств осадочных скальных грунтов**

Порода	Плотность ρ , г/см ³	Пористость n , %	Предел прочности породы на сжатие R_c , МПа	
			сухой	водонасыщенный
Конгломерат (цемент известково-железистый)	<u>2,30—2,65</u> 2,42*	<u>8—20</u> 13,7	<u>18—20</u> 23	<u>15—30</u> 19
Песчаник разном-зернистый (цемент глинистый)	<u>2,05—2,35</u> 2,26	<u>10—20</u> 15	<u>3—10</u> 7	<u>1,5—5,0</u> 3
Песчаник кварцевый среднезернистый (цемент карбонатный)	<u>2,50—2,70</u> 2,26	<u>1,5—7,0</u> 4	<u>45—70</u> 57	<u>45—65</u> 53
Песчаник кварцевый мелкозернистый (цемент кремнистый)	<u>2,60—2,75</u> 2,65	<u>0,5—4,0</u> 1,5	<u>130—300</u> 200	<u>130—280</u> 190
Аргиллит	<u>2,15—2,30</u> 2,24	<u>8—20</u> 15	<u>30—75</u> 55	<u>15—40</u> 30
Известняк	<u>2,35—2,65</u> 2,50	<u>5—20</u> 11	<u>40—120</u> 80	<u>35—60</u> 48
Доломит	<u>2,80—2,90</u> 2,85	<u>0,0</u> 2	<u>80—200</u> 140	<u>80—200</u> 135
Мергель	<u>2,15—2,50</u> 2,31	<u>15—45</u> 32	<u>10—15</u> 12	<u>32—10</u> 6
Мел	<u>2,00—2,25</u> 2,11	<u>35—60</u> 48	<u>6—11</u> 8	<u>0,5—5,0</u> 4
Ангидрит	<u>2,80—3,00</u> 2,90	<u>14—20</u> 16	<u>50—90</u> 60	—

Примечание. В знаменателе дано среднее значение показателя.

Приложение П5-3
Наиболее часто встречающиеся значения физико-механических свойств крупнообломочных и песчаных грунтов

Порода	Плотность сложения	Коэффициент пористости e , доли ед.	Сопротивление погружению конуса при зондировании, МПа		Коэффициент фильтрации K_f , м/сут	Естественная влажность W , %	Плотность скелета ρ_{sk} , г/см ³	Степление S_c , МПа		Угол внутр. трения φ , град			Модуль общей деформации E_0 , МПа	
			статическом q_{3c}	динамическом p				при пористости n , %		45	45	65		45
								45	65					
Гравий морской	—	$0,2 \leq e \leq 0,4$	> 20	> 15	50—80	3—20	1,25—1,50	0	0	45	40	60	65	
	Плотный	$e < 0,55$	> 15	$> 12,5$			1,77—1,95							
	Средней плотности	$0,55 \leq e \leq 0,7$	15—5	12,5—3,5	> 25	3—20	1,57—1,76	0,002	0	43	38	50	30	
Песок гравелистый	Рыхлый	$e > 0,7$	< 5	$< 3,5$			1,50—1,56							
	Плотный	$e < 0,55$	> 15	$> 12,5$			1,75—2,00							
	Средней плотности	$0,55 \leq e \leq 0,7$	15—5	12,5—3,5	50—20	3—20	1,55—1,74	0,002	0	43	38	50	30	
Песок крупный	Рыхлый	$e > 0,7$	< 5	$< 3,5$			1,47—1,54							
	Плотный	$e < 0,55$	> 15	$> 12,5$			1,65—1,90							
	Средней плотности	$0,55 \leq e \leq 0,7$	15—5	12,5—3,5	20—5	5—21	1,55—1,65	0,003	0,001	37	33	50	30	
Песок средней крупности	Рыхлый	$e > 0,7$	< 5	$< 3,5$			1,45—1,54							
	Плотный	$e < 0,60$	15—12	12,5—8,5			1,62—1,87							
	Средней плотности	$0,60 \leq e \leq 0,75$	12—4	8,5—2	5—1	5—23	1,42—1,61	0,006	0,002	35	31	48	28	
Песок мелкий	Рыхлый	$e > 0,75$	< 4	< 2			1,35—1,41							
	Плотный	$e < 0,60$	15—10	12,5—8,5			1,51—1,84							
	Средней плотности	$0,60 \leq e \leq 0,8$	10—3	8,5—2	1—0,5	5—25	1,35—1,50	0,008	0,004	34	28	39	18	
Песок пылеватый	Рыхлый	$e > 0,8$	< 3	< 2			1,25—1,34							

Примечания. 1. Плотность сложения характеризуется коэффициентом относительной плотности I_d : рыхлые — $I_d < 0,33$; средней плотности — $0,33 \leq I_d \leq 0,66$; плотные — $I_d > 0,66$.

2. По степени влажности S_r все пески подразделяются на маловлажные ($S_r \leq 0,5$); влажные ($0,5 < S_r \leq 0,8$); водонасыщенные ($0,8 < S_r \leq 1,0$).

**Наиболее часто встречающиеся значения
некоторых физико-механических свойств связных грунтов**

Порода	Кэфф. пористости e , доли ед.	Естественная влажность W , %	Плотность частиц ρ_s , г/см ³	Плотность скелета ρ_d , г/см ³	Число пластичности I_p	Кэфф. фильтрации K_f , м/сут	Модуль общей деформации E_0 , МПа	Относительная просадочность при $p=0,3$ МПа
Супесь	0,50—0,70	16—26	2,68— 2,72	1,35— 1,60	3—7	0,08— 0,5	16—33	—
Суглинок	0,65—0,80	23—35	2,69— 2,73	1,44— 1,70	7—17	0,004— 0,01	10—22	—
Моренный суглинок	0,35—0,50	15—25	2,70— 2,73	1,80— 2,00	7—17	0,005— 0,0001	15—40	—
Глина	0,75—1,5	35—60	2,71— 2,76	1,67— 1,75	> 17	2×10^{-5}	6—18	—
Лёсс и лёссовидные суглинки	0,61—1,5	7—18	2,67— 2,72	1,16— 1,73	4—17	0,1—0,5	12—20	0,05—0,15

Деформационные и прочностные характеристики грунтов

По результатам многочисленных исследований грунтов установлены корреляционные зависимости между физическими характеристиками и деформационно-прочностными показателями, используемыми в расчётах оснований. Ниже приводятся таблицы, позволяющие оценить:

- для четвертичных грунтов (независимо от генезиса и влажности) сцепление C , кПа; угол внутреннего трения φ , град, и модуль деформации E , МПа (табл. Пб–1) в зависимости от крупности песка и коэффициента пористости e ;
- для связных четвертичных грунтов, имеющих степень влажности $S_r > 0,8$ и содержащих не более 5% растительных остатков, значения φ и C в зависимости от коэффициента пористости e и показателя текучести I_L (табл. Пб–2);
- для связных нелёссовидных грунтов в зависимости от показателя текучести I_L , коэффициента пористости e , возраста и генезиса грунта значения модуля деформации E (табл. Пб–3).

Если величины коэффициента пористости имеют отличные от табличных значения, можно использовать линейную интерполяцию по коэффициенту пористости или приводимые ниже графики (рис. Пб–1–Пб–5).

Для определения расчётного сопротивления основания рекомендуются соответствующие таблицы:

- для основания, сложенного песчаными грунтами, – табл. Пб–4;
- для сложенного пылевато-глинистыми (непросадочными) грунтами — табл. Пб–5;
- для насыпных оснований — табл. Пб–6.

Если показатели грунта e и I_L имеют значения, не совпадающие с табличными, то для определения характеристики R_0 пользуются интерполяцией, применяя формулу

$$R_{0(e,I_L)} = \frac{e_2 - e}{e_2 - e_1} \left[(1 - I_L) R_{0(1,0)} + I_L R_{0(1,1)} \right] + \frac{e - e_1}{e_2 - e_1} \left[(1 - I_L) R_{0(2,0)} + I_L R_{0(2,1)} \right],$$

где e, I_L — характеристики грунта, для которого определяется значение R_0 ; e_1, e_2 — соседние значения коэффициента пористости, в интервале между которыми находится значение коэффициента пористости для рассматриваемого грунта;

$R_{0(1,0)}$ и $R_{0(1,1)}$ — табличные значения R_0 для e_1 соответственно при $I_L = 0, I_L = 1$; $R_{0(2,0)}$ и $R_{0(2,1)}$ — то же для e_2 .

Т а б л и ц а П 6–1

**Нормативные значения удельного сцепления c_n , кПа (кгс/см²),
угла внутреннего трения φ_n , град, и модуля деформации E , МПа (кгс/см²),
песчаных грунтов четвертичных отложений**

Песчаные грунты	Обозначения характеристик грунтов	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e , равном			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Гравелистые и крупные	c_n	2 (0,02)	1 (0,01)	—	—
	φ_n	43	40	38	—
	E	50 (500)	40 (400)	30 (300)	—
Средней крупности	c_n	3 (0,03)	2 (0,02)	1 (0,01)	—
	φ_n	40	38	35	—
	E	50 (500)	40 (400)	30 (300)	—
Мелкие	c_n	6 (0,06)	4 (0,04)	2 (0,02)	—
	φ_n	38	36	32	28
	E	48 (480)	38 (380)	28 (280)	18 (180)
Пылеватые	c_n	8 (0,08)	6 (0,06)	4 (0,04)	2 (0,02)
	φ_n	36	34	30	26
	E	39 (390)	28 (280)	18 (180)	11 (110)

Т а б л и ц а П 6–2

**Нормативные значения удельного сцепления c_n , кПа (кгс/см²), угла внутреннего
трения φ_n , град, глинистых нелёссовых грунтов четвертичных отложений**

Наименование грунтов и пределы норматив- ных значений их пока- зателя текучести		Обозна- чения характе- ристик грунтов	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e , равном						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	21 (0,21)	17 (0,17)	15 (0,15)	13 (0,13)	—	—	—
		φ_n	30	29	27	24	—	—	—
	$0,25 < I_L \leq 0,75$	c_n	19 (0,19)	15 (0,15)	13 (0,13)	11 (0,11)	9 (0,09)	—	—
		φ_n	28	26	24	21	18	—	—
Суглинки	$0 < I_L \leq 0,25$	c_n	47 (0,47)	37 (0,37)	31 (0,31)	25 (0,25)	22 (0,22)	19 (0,19)	—
		φ_n	26	25	24	23	22	20	—
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	c_n	39 (0,39)	34 (0,34)	28 (0,28)	23 (0,23)	18 (0,18)	15 (0,15)	—
		φ_n	24	23	22	21	19	17	—
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	c_n	—	—	25 (0,25)	20 (0,20)	16 (0,16)	14 (0,14)	12 (0,12)
		φ_n	—	—	19	18	16	14	12
Глины	$0 < I_L \leq 0,25$	c_n	—	81 (0,81)	68 (0,68)	54 (0,54)	47 (0,47)	41 (0,41)	36 (0,36)
		φ_n	—	21	20	19	18	16	14
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	c_n	—	—	57 (0,57)	50 (0,50)	43 (0,43)	37 (0,37)	32 (0,32)
		φ_n	—	—	18	17	16	14	11
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	c_n	—	—	45 (0,45)	41 (0,41)	36 (0,36)	33 (0,33)	29 (0,29)
		φ_n	—	—	15	14	12	10	7

Нормативные значения модуля деформации пылевато-глинистых нелёссовых грунтов

Происхождение и возраст грунтов	Наименование грунтов и пределы нормативных значений их показатели текучести	Модуль деформации грунтов E , МПа (кгс/см ²), при коэффициенте пористости e , равном													
		0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,2	1,4	1,6			
Четвертичные отложения:	Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,75$	—	32 (320)24 (240)	16 (160)10 (100)	7 (70)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	аллювиальные делювиальные озёрные	$0 \leq I_L \leq 0,25$	—	34 (340)27 (270)	22 (220)17 (170)14 (140)	11 (110)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		$0,25 < I_L \leq 0,5$	—	32 (320)25 (250)	19 (190)14 (140)11 (110)	8 (80)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	озёрно-аллювиальные	$0,5 < I_L \leq 0,75$	—	—	17 (170)12 (120)	8 (80)	6 (60)	5 (50)	—	—	—	—	—	—	—
$0 \leq I_L \leq 0,25$		—	—	28 (280)24 (240)21 (210)18 (180)	15 (150)12 (120)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
моренные	Глины	$0,25 < I_L \leq 0,5$	—	—	21 (210)18 (180)15 (150)12 (120)	9 (90)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		$0,5 < I_L \leq 0,75$	—	—	—	15 (150)12 (120)	9 (90)	7 (70)	—	—	—	—	—	—	
	флювиогляциальные	$0 \leq I_L \leq 0,75$	—	33 (330)24 (240)	17 (170)11 (110)	7 (70)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		$0 \leq I_L \leq 0,25$	—	40 (400)33 (330)	27 (270)21 (210)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Юрские отложения оксфордского яруса	Глины	$0,25 < I_L \leq 0,5$	—	35 (350)28 (280)	22 (220)17 (170)14 (140)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		$0,5 < I_L \leq 0,75$	—	—	17 (170)13 (130)10 (100)	7 (70)	—	—	—	—	—	—	—	—	
Юрские отложения оксфордского яруса	Супеси, суглинки	$I_L \leq 0,5$	75 (750)55 (550)45 (450)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		$-0,25 \leq I_L \leq 0$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Юрские отложения оксфордского яруса	Глины	$0 < I_L \leq 0,25$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		$0,25 < I_L \leq 0,5$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Примечания. 1. Для грунтов с промежуточными значениями e допускается определять значения s , ϕ и E по интерполяции или по рис. Пб-1—Пб-5.

2. Если значения e , I_L и S_r грунтов выходят за пределы, предусмотренные в таблице, характеристика s , ϕ и E следует определять по данным непосредственных испытаний этих грунтов.

3. Допускается в запас надёжности принимать характеристики s , ϕ и E по соответствующим нижним пределам e , I_L и S_r .

4. Для определения значений s , ϕ и E по таблице используются нормативные значения e , I_L и S_r .

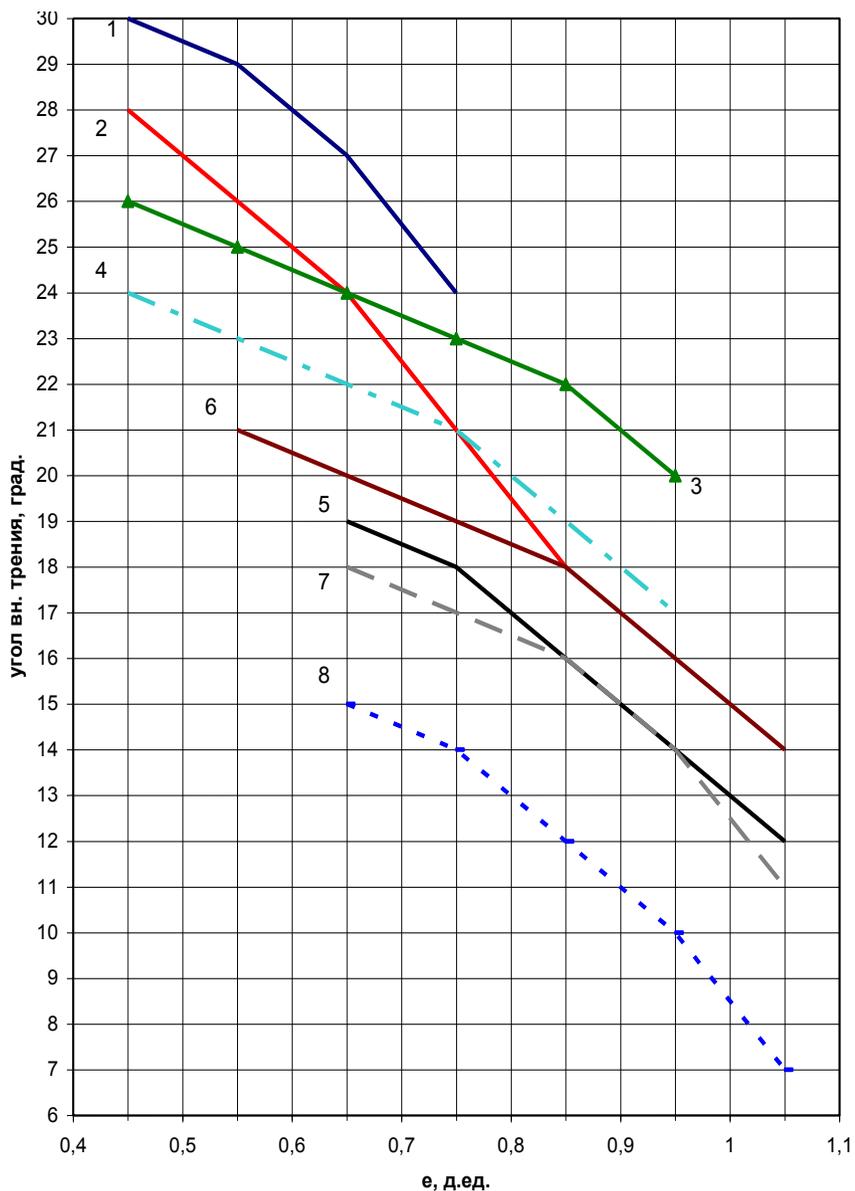


Рис. Пб–1. Нормативные значения угла внутреннего трения ϕ_n , град, связных грунтов:
 — 1 — супесь при $0 \leq I_L \leq 0,25$; — 2 — супесь при $0,25 \leq I_L \leq 0,75$; ▲ 3 — суглинок при $0 \leq I_L \leq 0,25$;
 - · - 4 — суглинок при $0,25 \leq I_L \leq 0,5$; — 5 — суглинок при $0,5 \leq I_L \leq 0,75$; — 6 — глина при $0 \leq I_L \leq 0,25$;
 - - 7 — глина при $0,25 \leq I_L \leq 0,5$; - - - 8 — глина при $0,5 \leq I_L \leq 0,75$

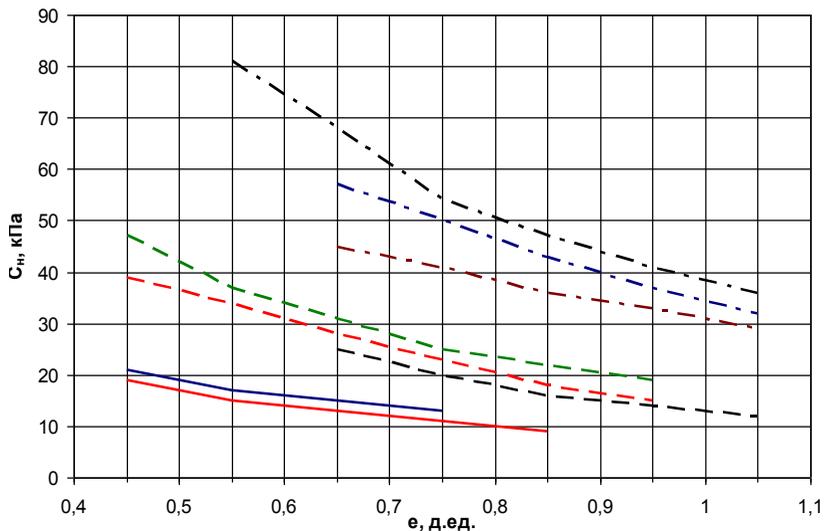


Рис. П6–2. Нормативные значения удельного сцепления C_n , кПа, связных грунтов:
 — 1 — супесь при $0 \leq l_L \leq 0,25$; — 2 — супесь при $0,25 \leq l_L \leq 0,75$; - - 3 — суглинок при $0 \leq l_L \leq 0,25$;
 - - 4 — суглинок при $0,25 \leq l_L \leq 0,5$; - - 5 — суглинок при $0,5 \leq l_L \leq 0,75$; - · - 6 — глина при $0 \leq l_L \leq 0,25$;
 - · - 7 — глина при $0,25 \leq l_L \leq 0,5$; - · - 8 — глина при $0,5 \leq l_L \leq 0,75$

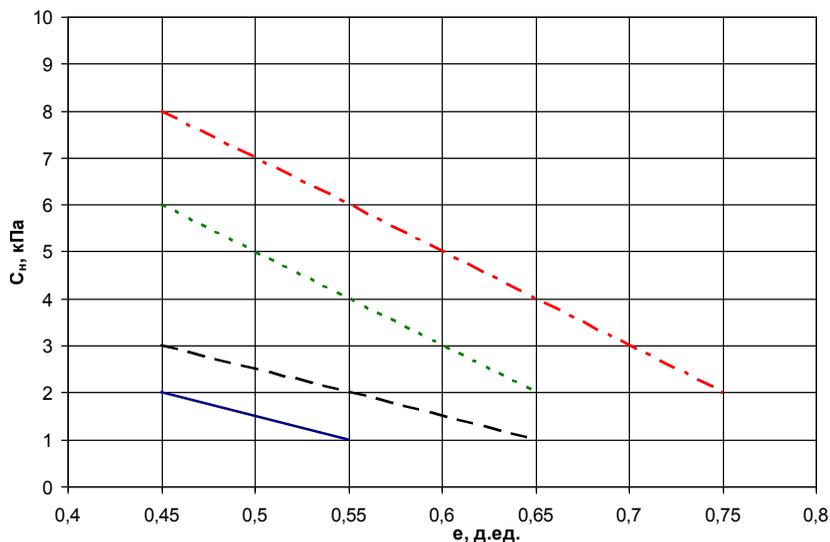


Рис. П6–3. Нормативные значения удельного сцепления C_n , кПа, песчаных грунтов:
 — 1 — пески гравелистые и крупные; - - - 2 — пески средней крупности;
 - - - 3 — пески мелкие; - · - 4 — пески пылеватые

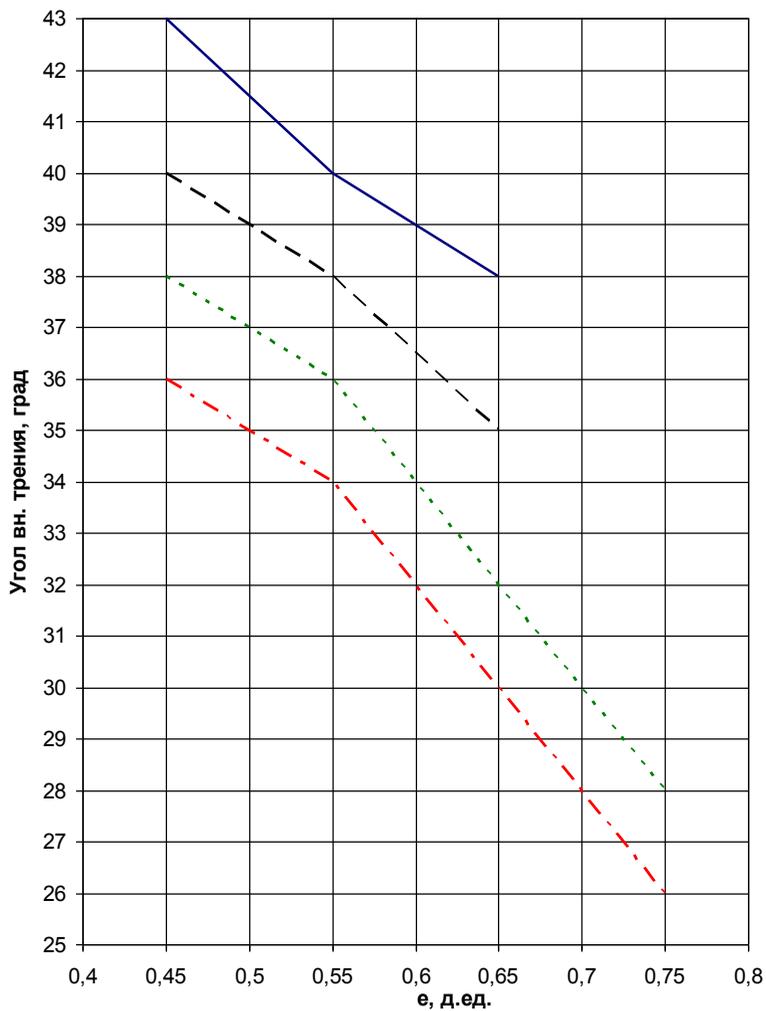


Рис. Пб–4. Нормативные значения угла внутреннего трения φ_n , град, песчаных грунтов:
 ————— 1 — пески гравелистые и крупные; - - - - 2 — пески средней крупности;
 - - - - 3 — пески мелкие; - · - · - 4 — пески пылеватые

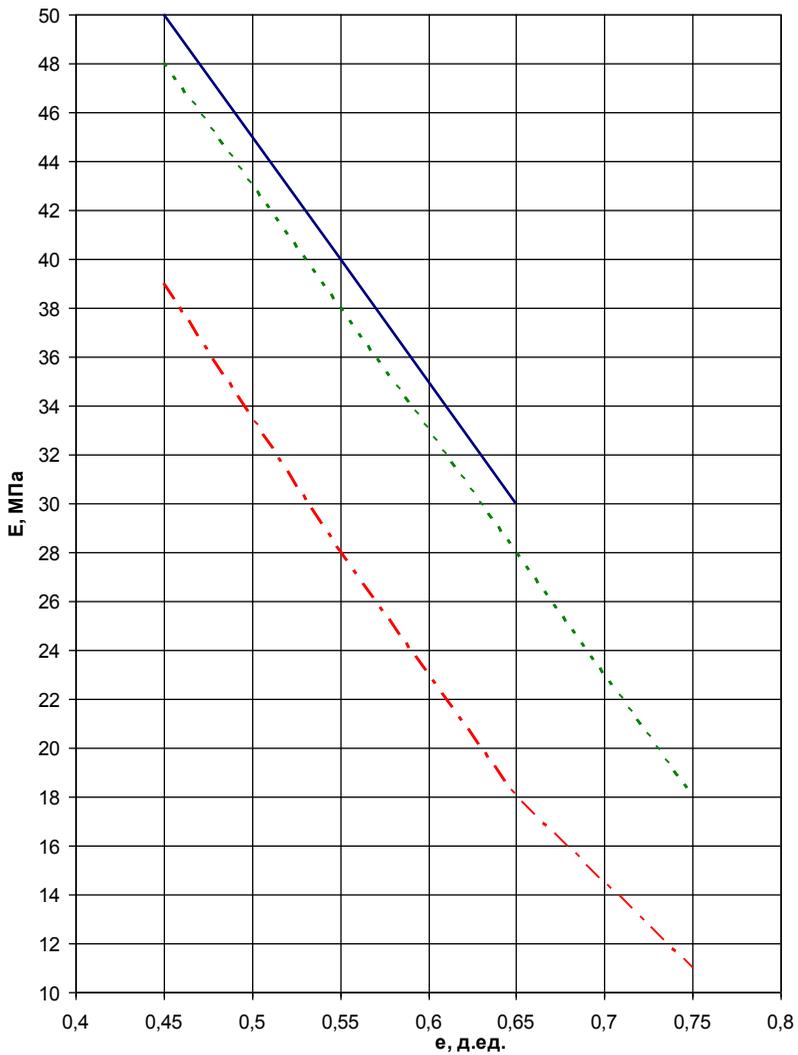


Рис. П6–5. Нормативные значения модуля деформации E , МПа, песчаных грунтов:
 ————— 1, 2 — пески гравелистые, крупные и средней крупности;
 - - - - - 3 — пески мелкие; - · - · - 4 — пески пылеватые

Т а б л и ц а П 6–4

Расчётные сопротивления R_0 основания, сложенного песчаными грунтами

Вид грунтов	R_0 , кПа, в зависимости от плотности сложения	
	Плотные	Средней плотности
Пески крупные независимо от влажности	600	500
Пески средней крупности независимо от влажности	500	400
Пески мелкие: маловлажные	400	300
влажные и насыщенные водой	300	200
Пески пылеватые: маловлажные	300	250
влажные	200	150
насыщенные водой	150	100

Т а б л и ц а П 6–5

Расчётные сопротивления R_0 основания, сложенного пылеватоглинистыми (непресадочными) грунтами

Вид грунтов	Коэффициент пористости e	R_0 , кПа, при показателе текучести I_L	
		0	1
Супесь	0,5	300	300
	0,7	250	200
Суглинок	0,5	300	250
	0,7	250	180
	1	200	100
Глина	0,5	600	400
	0,6	500	300
	0,8	300	200
	1,1	250	100

Т а б л и ц а П 6–6

Расчётные сопротивления R_0 насыпных грунтов по СНиП 2.02.01—83*

Характеристика насыпи	R_0 , кПа (кгс/см ²)			
	Пески крупные, средней крупности и мелкие, шлаки и т.п. при степени влажности S_r		Пески пылеватые, супеси, суглинки, глины, золы и т.п. при степени влажности S_r	
	$S_r \leq 0,5$	$S_r \geq 0,8$	$S_r \leq 0,5$	$S_r \geq 0,8$
Насыпи, планомерно возведённые с уплотнением	250 (2,5)	200 (2,0)	180 (1,8)	150 (1,5)
Отвалы грунтов и отходов производств: с уплотнением	250 (2,5)	200 (2,0)	180 (1,8)	150 (1,5)
	180 (1,8)	150 (1,5)	120 (1,2)	100 (1,0)
Свалки грунтов и отходов производств: с уплотнением	150 (1,5)	120 (1,2)	120 (1,2)	100 (1,0)
	120 (1,2)	100 (1,0)	100 (1,0)	80 (0,8)

Примечания. 1. Значения R_0 относятся к насыпным грунтам с содержанием органических веществ $I_{от} \leq 0,1$.

2. Для несслежавшихся отвалов и свалок грунтов и отходов производств значения R_0 принимаются с коэффициентом 0,8.

Сведения о подземных водах и их классификация

Классификация подземных вод по их минерализации, степени жесткости, температуре и кислотности приведена в табл. П7–1, химическая классификация состава воды С.А. Шукарева — в табл. П7–2.

Т а б л и ц а П7–1

Классификация подземных вод

Показатель и его значение	Наименование воды	Показатель и его значение	Наименование воды
Общая минерализация, г/л < 0,2 0,2 – 1,0 1,0 – 3,0 3,0 – 10,0 10,0 – 50,0 > 50,0	По А.М. Овчинникову: сверхпресная пресная слабосоленоватая сильносоленоватая солёная рассольная	Температура Т, °С < 0 0 – 20 20 – 37 37 – 50 50 – 100 > 100	По А.М. Овчинникову: переохлаждённая холодная теплая горячая весьма горячая перегретая
Степень жёсткости, мг-экв/л < 1,5 1,5 – 3,0 3,0 – 6,0 6,0 – 9,0 > 9,0	По О.А. Алекину: очень мягкая мягкая умеренно жёсткая жёсткая очень жёсткая	Водородный показатель рН < 5 $5 \leq \text{pH} < 7$ 7 $7 < \text{pH} \leq 9$ > 9	По О.А. Алекину: очень кислая кислая нейтральная щелочная высокощелочная

Химическая классификация состава воды С.А. Щукарева

Принадлежность воды к тому или иному классу в соответствии со схемой определяется содержанием главных ионов в количестве более 25 %-экв.

По преобладающим анионам воде присваивают название: хлоридная, сульфатная, гидрокарбонатная, хлоридно-сульфатная, хлоридно-гидрокарбонатная, сульфатно-гидрокарбонатная и хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатная; по преобладающим катионам: натриевая, магниевая, кальциевая, натриево-магниевая, натриево-кальциевая, магниево-кальциевая и натриево-магниево-кальциевая.

По общей минерализации каждый класс подразделяется на группы: А — до 1,5 г/л, В — 1,5—10 г/л и С — более 10 г/л.

Т а б л и ц а П7–2

Элемент	HCO_3^-	HCO_3^- , SO_4^{2-}	HCO_3^- , SO_4^{2-} , CL^-	HCO_3^- , CL^-	SO_4^{2-}	SO_4^{2-} , CL^-	CL^-
Mg	1	8	15	22	29	36	43
Ca, Mg	2	9	16	23	30	37	44
Ca	3	10	17	24	31	38	45
Na, Ca	4	11	18	25	32	39	46
Na	5	12	19	26	33	40	47
Na, Ca, Mg	6	13	20	27	34	41	48
Na, Mg	7	14	21	28	35	42	49

Подземные воды часто содержатся в зоне аэрации (выше уровня водоносного горизонта) в тонких капиллярах грунтов. С наличием капиллярной каймы связан, например, процесс подтопления. Высота капиллярного поднятия зависит преимущественно от гранулометрического состава грунта (т.е. размера частиц и, соответственно, размера и количества пор). Ориентировочная высота капиллярного поднятия в песчано-глинистых грунтах составляет, м:

Песок крупный	менее 0,1
Песок средней крупности	0,1—0,4
Песок мелкий	0,4—0,8
Песок пылеватый	0,8—1,2
Супесь	1,2—3,5
Суглинок	3,5—6,5
Глина	6,5—10,0

Подземные воды часто обладают агрессивностью по отношению к бетонам и металлам. Классификации подземных вод по степени агрессивного воздействия на различные конструкции приведены в табл. П7–3 — П7–9.

Агрессивность среды к бетону на портландцементе по СНиП 2.03.11—85

Показатель агрессивности среды	Степень агрессивного воздействия среды	Условия эксплуатации сооружений		
		Безнапорные сооружения		Напорные сооружения
		Сильно- и среднефильтрующие грунты, $K_{\phi} \geq 0,1$ м/сут	Слабофильтрующие грунты, $K_{\phi} < 0,1$ м/сут	
Бикарбонатная щелочность, мг-экв/л (град)	Неагрессивная	$\geq 1,4$ (4°)	Не нормируется	≥ 2 (5,6°)
	Слабоагрессивная	$< 1,4(4^{\circ})-0,7(2^{\circ})$	То же	$< 2(5,6^{\circ})-1,07(3^{\circ})$
	Среднеагрессивная	$< 0,7$ (2°)	»	$< 1,07$ (3°)
	Сильноагрессивная	Не нормируется	»	Не нормируется
Водородный показатель рН	Неагрессивная	$> 6,5$	> 5	$> 6,5$
	Слабоагрессивная	6,5—6	5—4	6,5—6
	Среднеагрессивная	5,9—5	3,9—3	5,9—5,5
	Сильноагрессивная	< 5	< 3	$< 5,5$
Содержание свободной углекислоты, мг/л	Неагрессивная	$< a[Ca^{2+}] + b$	$< a[Ca^{2+}] + b + 40$	$< a[Ca^{2+}] + b$
	Слабоагрессивная	$a[Ca^{2+}] + b \div a[Ca^{2+}] + b + 40$	$\geq a[Ca^{2+}] + b + 40$	$a[Ca^{2+}] + b \div a[Ca^{2+}] + b + 40$
	Среднеагрессивная	$> a[Ca^{2+}] + b + 40$	Не нормируется	$> a[Ca^{2+}] + b + 40$
	Сильноагрессивная	Не нормируется	То же	Не нормируется
Содержание магниезальных солей, мг/л, в пересчете на ион Mg^{2+}	Неагрессивная	≤ 1000	≤ 2000	≤ 1000
	Слабоагрессивная	1001—1500	2001—2500	1001—1500
	Среднеагрессивная	1501—2000	2501—3000	1501—2000
	Сильноагрессивная	> 2000	> 3000	> 2000
Содержание едких щелочей, г/л, в пересчете на ионы $Na^{+} + K^{+}$	Неагрессивная	≤ 50	≤ 80	≤ 30
	Слабоагрессивная	51—60	81—90	31—50
	Среднеагрессивная	61—80	91—100	51—60
	Сильноагрессивная	> 80	> 100	> 60
Содержание сульфатов, мг/л, в пересчете на ионы SO_4^{2-}	Неагрессивная	< 300	< 300	< 250
	Слабоагрессивная	300—400	300—500	250—400
	Среднеагрессивная	401—500	501—600	401—500
	Сильноагрессивная	> 500	> 600	> 500
Содержание хлоридов, сульфатов, нитратов и др. солей и едких щелочей, г/л, при наличии испаряющих поверхностей	Неагрессивная	< 10	< 10	По специальным указаниям
	Слабоагрессивная	10—15	10—15	То же
	Среднеагрессивная	16—20	16—20	»
	Сильноагрессивная	> 20	> 20	»

Примечания. 1. Значения приведены для бетона нормальной плотности.

2. Значения коэффициентов a и b для определения содержания свободной углекислоты даны в табл. П7-4.

Значения коэффициентов *a* и *b* для определения содержания свободной углекислоты

Бикарбонатная щелочность		Суммарное содержание ионов Cl^- и SO_4^{2-}											
		0—200		201—400		401—600		604—800		801—1000		Более 1000	
град	мг-экв/л	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	1	0	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	1,4	0,01	16	0,01	17	0	17	0	17	0	17	0	17
5	1,8	0,04	17	0,04	18	0	17	0,02	18	0,02	18	0,02	18
6	2,1	0,07	19	0,06	19	0,1	18	0,04	18	0,04	18	0,04	18
7	2,5	0,1	21	0,08	20	0,1	19	0,06	18	0,05	18	0,05	18
8	2,9	0,13	23	0,11	21	0,1	19	0,08	18	0,07	18	0,07	18
9	3,2	0,16	25	0,14	22	0,1	20	0,1	19	0,08	18	0,08	18
10	3,6	0,2	27	0,17	23	0,1	21	0,12	19	0,1	18	0,1	18
11	4	0,24	29	0,2	24	0,2	22	0,15	20	0,12	19	0,12	19
12	4,3	0,28	32	0,24	26	0,2	23	0,17	21	0,14	20	0,14	20
13	4,7	0,32	34	0,28	27	0,2	24	0,2	22	0,17	21	0,17	21
14	5	0,36	36	0,32	29	0,3	26	0,23	23	0,19	22	0,19	22
15	5,4	0,4	38	0,36	30	0,3	27	0,26	24	0,22	23	0,22	23
16	5,7	0,44	41	0,4	32	0,3	28	0,29	25	0,25	24	0,25	24
17	6,1	0,48	43	0,44	34	0,4	30	0,33	26	0,28	25	0,28	25
18	6,4	0,54	46	0,47	37	0,4	32	0,36	28	0,31	27	0,31	27
19	6,8	0,61	48	0,51	39	0,4	33	0,4	30	0,34	29	0,34	28
20	7,1	0,67	51	0,55	41	0,5	35	0,44	31	0,38	30	0,38	29
21	7,5	0,74	53	0,6	43	0,5	37	0,48	33	0,45	31	0,41	31
22	7,8	0,81	55	0,65	45	0,6	38	0,53	34	0,49	33	0,44	32
23	8,2	0,88	58	0,7	47	0,6	40	0,58	35	0,53	34	0,48	33
24	8,6	0,96	60	0,76	49	0,7	42	0,63	37	0,57	36	0,52	35
25	9	1,04	63	0,81	51	0,7	44	0,67	39	0,61	38	0,56	37

Т а б л и ц а П 7–5

Агрессивность сульфатсодержащих подземных вод по отношению к бетонным сооружениям, расположенным в грунтах с $K_{\phi} > 0,1$ м/сут и открытых водоёмов (по СНиП 2.03.11—85)

Цемент	Показатель агрессивности жидкой среды (по содержанию сульфатов в пересчёте на ионы SO_4^{2-} , мг/л) при содержании ионов HCO_3^- , мг-экв/л			Степень агрессивного воздействия на бетон марки W_4
	0—3,0	3,0—6,0	> 6,0	
Портландцемент по ГОСТ 10178—85*	250—500	500—1000	1000—1200	Слабая
	500—1000	1000—1200	1200—1500	Средняя
	> 1000	> 1200	> 1500	Сильная
Портландцемент по ГОСТ 10178—85* с содержанием $C_3S (\leq 65\%)$, $C_3A (\leq 7\%)$, $C_3A+C_3AF (\leq 22\%)$ и шлакобетон	1500—3000	3000—4000	4000—5000	Слабая
	3000—4000	4000—5000	5000—6000	Средняя
	> 4000	> 5000	> 6000	Сильная
Сульфатостойкий цемент по ГОСТ 222660—94*	3000—6000	6000—8000	8000—12000	Слабая
	6000—8000	8000—12000	12000—15000	Средняя
	> 8000	> 12000	> 15000	Сильная

Примечания. 1. При оценке степени агрессивности среды в условиях эксплуатации сооружений, расположенных в слабофильтрующих породах с $K_{\phi} < 0,1$ м/сут, значения показателей таблицы должны быть умножены на 1,3.

2. При оценке степени агрессивности среды для бетона марки по водопропускаемости W_6 значения показателей таблицы должны быть умножены на 1,3, для бетона марки W_8 — на 1,7.

Т а б л и ц а П 7–6

Агрессивность жидкой неорганической компоненты по отношению к арматуре железобетонных конструкций (по СНиП 2.03.11—85)

Содержание хлоридов в пересчёте на ион CL^- , мг-экв	Степень агрессивного воздействия	
	Постоянное погружение	Периодическое смачивание
До 500	Неагрессивная	Слабоагрессивная
500—5000	То же	Среднеагрессивная
Более 5000	Слабоагрессивная	Сильноагрессивная

Т а б л и ц а П 7–7

Коррозионная агрессивность грунтовых и других вод по отношению к свинцовой оболочке кабеля (по СНиП 2.03.11—85)

Коррозионная агрессивность грунта	рН	Общая жесткость, мг-экв/дм ³	Массовая доля компонентов, мг/ дм ³	
			Органическое вещество (гумус)	Нитрат-ион
Низкая	От 6,5 до 7,5	Св. 5,3	До 20	До 10
Средняя	От 5,0 до 6,5	От 5,3 до 3,0	От 20 до 40	От 10 до 20
	От 7,5 до 9,0			
Высокая	До 5,0	Менее 3,0	Св. 40	Св. 20
	Св. 9,0			

**Коррозионная агрессивность грунтовых и других вод по отношению
к алюминиевой оболочке кабеля (по СНиП 2.03.11-85)**

Коррозионная агрессивность грунта	рН	Массовая доля компонентов, мг/ дм ³	
		хлор-ион	ион железа
Низкая	От 6,0 до 7,5	До 5,0	До 1,0
Средняя	От 4,5 до 6,0	От 5,0 до 50	От 1,0 до 10
	От 7,5 до 8,5		
Высокая	До 4,5 св. 8,5	Св. 50	Св. 10

**Основные требования к качеству хозяйственно-питьевых вод
по ГОСТ Р 51232—98 «Вода питьевая»**

Показатели	Норма (не более)
Мутность по стандартной шкале	1,5 мг/л
Цветность по шкале	20°
Запах и привкус при температуре 20°С	2 балла
Активная реакция после осветления или умягчения воды (рН)	6,0 – 9,0
Общая жёсткость	7,0 ммоль/л
Сульфаты	500 мг/л
Хлориды	350 мг/л
Сухой остаток	1000 мг/л
Фтор	0,7—1,5 мг/л
Железо	0,3 мг/л
Марганец	0,1 мг/л
Остаточный алюминий	0,5 мг/л
Медь	1 мг/л
Цинк	5 мг/л
Гексаметафосфат	3,5 мг/л
Триполифосфат	3,5 мг/л
Полиакриламид остаточный	2 мг/л
Бериллий	0,0002 мг/л
Молибден	0,25 мг/л
Мышьяк	0,05 мг/л
Свинец	0,03 мг/л
Селен	0,001 мг/л
Стронций	7,0 мг/л
Радий 226 БК	4,4
Стронций 90 БК	14,8
Нитраты (по NO ₃ ⁻)	10,0 мг/л
Общее количество бактерий в 1 мл неразбавленной воды	100
Коли-индекс	3

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие	3
Введение.....	4
1. Состав задания на курсовую работу.....	5
2. Выполнение графической части курсовой работы.....	8
2.1. Состав графического материала и требования к его оформлению	8
2.2. Подготовка к построению геологического разреза	8
2.3. Построение геологических границ на разрезе	13
2.4. Нанесение на разрез сведений о подземных водах.....	17
2.5. Окончательное оформление разреза	18
2.6. Построение инженерно-геологического разреза	20
2.7. Построение геоморфологической карты	26
2.8. Общий принцип построения геологических карт.....	32
2.9. Построение карты мощности четвертичных отложений	33
2.10. Построение карты-среза на глубине заложения фундаментов ...	36
2.11. Построение карты кровли коренных пород.....	39
2.12. Построение карты гидроизогипс	40
2.13. Построение карты гидроизобат	42
2.14. Построение карты распространения геологических и инженерно-геологических процессов.....	44
2.15. Построение карты районирования территории по инженерно-геологическим условиям.....	45

3. Выполнение текстовой части работы	49
3.1. Содержание пояснительной записки к графической части	49
3.2. Раздел «Введение»	49
3.3. Раздел 1 «Геоморфологические особенности района строительства»	49
3.4. Раздел 2 «Стратиграфия и тектоника»	50
3.5. Раздел 3 «Литолого-петрографическое описание и инженерно-геологическая характеристика грунтов»	55
3.6. Раздел 4 «Гидрогеологические особенности района строительства»	56
3.7. Раздел 5 «История геологического развития района»	58
3.8. Раздел 6 «Геологические и инженерно-геологические процессы на застраиваемой территории»	62
3.9. Раздел 7 «Инженерно-геологическое районирование застраиваемой территории»	63
3.10. Раздел «Выводы и рекомендации»	64
Библиографический список	79
Приложения	81
Приложение 1. Условные обозначения, применяемые при оформлении графического материала	82
Приложение 2. Условные графические обозначения основных видов грунтов и их особенностей (по ГОСТ 21.302—96)	85
Приложение 3. Варианты оформления графического материала	86
Приложение 4. Классификация грунтов	89
Приложение 5. Физико-механические свойства грунтов	96
Приложение 6. Деформационные и прочностные характеристики грунтов	100
Приложение 7. Сведения о подземных водах и их классификация	108

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

**Юлин Александр Николаевич,
Кашперюк Павел Иванович,
Манина Екатерина Владимировна**

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

Редактор *А.К. Смирнова*
Технический редактор *С.М. Сивоконева*
Дизайн обложки *С.М. Сивоконева*
Компьютерная правка и верстка *О.В. Суховой*

Подписано в печать 16.12.2013 г. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.
И-323. Усл.-печ. л. 6,7 + 1 вкл. (8 стр.). Уч.-изд. 5,4. Тираж 200 экз. Заказ № 460

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский государственный строительный университет».

Издательство МИСИ – МГСУ.

Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95,
e-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

Отпечатано в типографии Издательства МИСИ – МГСУ.

Тел. (499) 183-91-90, (499) 183-67-92, (499) 183-91-44.

129337, Москва, Ярославское ш., 26