

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВПО «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.Н. Чумаченко, А.А. Красилов

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
ИЗЫСКАНИЯ
В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ:
МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Учебное пособие

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

Москва 2011

УДК 624.131.3

ББК 38.58

Ч 90

Р е ц е н з е н т ы:

кандидат геолого-минералогических наук **П.И. Кашперюк**,
главный инженер ООО «НПФ СИВС»;
доцент кандидат технических наук **И.М. Маркова**
(ФГБОУ ВПО «МГСУ»)

Чумаченко, А.Н.

Ч 90 Инженерно-геологические изыскания в гидротехническом строительстве: методы и технические средства : учебное пособие / А.Н. Чумаченко, А.А. Красилов ; под ред. А.Д. Потапова ; М-во образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». М. : МГСУ, 2011. – 107 с.

ISBN 978-5-7264-0563-6

Приведена методика, описаны способы и средства инженерно-геологических изысканий на различных этапах проектирования как гидротехнических, так и промышленно-гражданских сооружений. Наиболее детально рассмотрены инженерно-геологические изыскания для обоснования строительства гидроэнергетических и морских нефтегазопромысловых сооружений.

Для студентов всех строительных специальностей. Может быть полезно инженерам-строителям в их производственной и проектно-конструкторской деятельности.

УДК 624.131.3

ББК 38.58

ВВЕДЕНИЕ

Инженерно-геологические изыскания представляют собой производственный и технологический процесс получения, накопления и обработки инженерно-геологической информации о районе проектируемого строительства с составлением прогноза возможных изменений инженерно-геологических условий в сфере взаимодействия сооружения с геологической средой.

Инженерно-геологические изыскания предшествуют любому виду строительства и продолжаются в ходе строительства.

Исследования для гидротехнического строительства — одна из наиболее сложных и ответственных задач, решаемых в инженерной геологии. Это связано с тем, что гидротехнические сооружения в большинстве случаев резко меняют современную геологическую обстановку и естественные гидрогеологические условия не только на участке строительства, но и далеко за его пределами. К тому же частичное или полное разрушение этих сооружений из-за недоучета каких-либо факторов приводит, как правило, к катастрофическим последствиям.

Гидротехнические сооружения делятся на гидроэнергетические, водотранспортные, мелиоративные, водоснабженческие и сооружения континентального шельфа.

В настоящее время ни одно сооружение, тем более гидротехническое, не может быть построено без детальных и достоверных инженерно-геологических изысканий. Эти работы выполняются специализированными организациями, обладающими соответствующей материально-технической базой и высококвалифицированными кадрами (Гидропроект, тресты инженерно-строительных изысканий, геотресты и др.). Изыскания охватывают всю предполагаемую сферу взаимодействия сооружения с геологической средой. При этом изучаются инженерно-геологические условия территории и прогнозируется их возможное изменение в период строительства и эксплуатации сооружения. В конечном итоге изыскания призваны обеспечить необходимые данные для выбора района строительства, конкретных компоновочных и конструктивных решений на выбранном

участке, наиболее рациональных способов строительных работ, мероприятий по инженерной защите территории и охране окружающей среды. Эффективность изысканий существенным образом зависит от правильности и своевременности задач, поставленных перед изыскателями, т.е. от грамотно составленного проектировщиком технического задания. Однако даже идеально выполненные изыскания сами по себе не могут гарантировать абсолютно надежного проектирования. Инженер-строитель должен уметь правильно воспользоваться результатами изысканий и на основе их анализа всесторонне оценить возможные последствия принимаемых технических решений.

В ряде случаев недостаточное знание или неверная оценка инженерно-геологических условий территории могут оказаться для проектируемого сооружения даже более опасными, чем самые неблагоприятные условия. Напротив, — всесторонний учет инженерно-геологических факторов нередко позволяет повысить технико-экономические параметры и эксплуатационную надежность сооружения. Это и определяет место и значение инженерной геологии в строительном деле, а также необходимость инженерно-геологических знаний в практической деятельности инженеров-строителей.

1. Инженерно-геологические изыскания для строительства гидроэнергетических сооружений

1.1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

1.1.1. Изыскания для обоснования схемы комплексного использования реки

Целью изысканий является разработка технического замысла комплексного использования водных ресурсов, разбивка реки на ступени, определение экономических показателей отдельных гидроузлов и выбор объектов первоочередного строительства. При этом изучению подлежит вся намеченная к использованию часть долины реки.

Перед началом изысканий проводят сбор, изучение и обобщение имеющихся по району исследований аэро- и космоснимков, общих геологических, сейсмологических и инженерно-геологических материалов, опубликованных и хранящихся в геологических фондах и архивах. После обработки и анализа этих материалов выполняется рекогносцировка всего района работ. В ней принимают участие: главный инженер проекта, инженер-геолог, геодезист, гидролог. При рекогносцировке дополняются новыми данными фондовые материалы, намечаются в натуре участки возможного расположения гидроузлов и водохранилищ, выясняются условия производства изыскательских работ. Эти материалы являются основой для составления технического задания на изыскания и программы работ.

Основным видом работ на этом этапе изысканий является *инженерно-геологическая съемка*. Границы съемки проходят по обоим берегам реки, не удаляясь от подпорной горизонтали более, чем на 2–3 км. При необходимости изучения каких-либо особых условий (устойчивость склона, возможность интенсивной фильтрации воды в соседнюю долину и пр.), а также при отсутствии по району исследований геологической карты необходимого масштаба границы съемки могут проходить на большем расстоянии от горизонтали подпора.

Масштаб съемки определяется сложностью инженерно-геологических условий территории (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Категория сложности инженерно-геологических условий	Масштаб		
	Долина реки	Район возможного размещения гидроузла	
		1-й очереди	2-й очереди
I	1:200 000	1:25 000	1:50 000
II	1:100 000	1:10 000	1:25 000
III	1:50 000	1:5 000	1:10 000

Для определения сейсмической опасности (расчетной балльности землетрясений) на намеченных участках строительства используют нормативные документы и фондовые материалы в сочетании с маршрутным сеймотектоническим обследованием местности и дешифрированием дистанционных снимков.

Условия создания водохранилищ оценивают по данным мелко-масштабной инженерно-геологической съемки и там, где выявлены неблагоприятные условия, которые могут повлиять на разбивку реки на ступени, проводят более детальные дополнительные геологические съемки, разведочные, геофизические и гидрогеологические работы. Работы сосредоточивают на ключевых (типичных) участках.

В случае ожидаемых существенных фильтрационных потерь из водохранилища или подтопления территорий при отсутствии данных для ориентировочных гидрогеологических расчетов намечают гидрогеологические поперечники и проводят на них в минимальном объеме опытно-фильтрационные работы и гидрогеологические наблюдения.

Разведочные работы проводят для всех конкурирующих гидроузлов, но в большем объеме для объектов первоочередного строительства. На участках проектируемых плотин выработки располагаются по поперечникам через долину. Для деривационных гидроузлов может быть пройдено также некоторое количество выработок по предполагаемым трассам деривации и на участке напорно-станционного узла. Для наиболее перспективных и сложных объектов должно быть разведано два — три поперечника через долину или два — три профиля по трассе деривации, для остальных — не более одного.

Скважины располагают на всех основных геоморфологических элементах долины (русло, террасы, коренные склоны и др.). Расстояние между скважинами в пределах каждого элемента для долин равнинных рек принимается 200–500 м, для очень узких горных долин — 50–100 м. При разведке последних используются также штольни, шурфы и канавы.

Скважины и горные выработки, проходимые на створах плотин, должны соответствовать установлению очертаний коренного ложа долины, состава и структуры пород коренной основы и рыхлого четвертичного покрова, глубины зоны выветривания скальных пород, положению уровня подземных вод и водопроницаемости пород. При отсутствии данных о строении долины средняя глубина разведочных скважин для плотины высотой до 20 м принимается в два раза больше напора на плотине. При дальнейшем увеличении высоты плотин это соотношение уменьшается и для плотин высотой 100 м средняя глубина скважин равна высоте напора. Для более высоких плотин среднюю глубину скважин принимают меньше высоты напора. Глубину специальных скважин (структурных и др.) принимают исходя из их назначения.

Геофизические исследования на стадии схемы выполняются в комплексе с геологической съемкой в масштабе 1:50000 – 1:100000 и бурением по отдельным профилям, расположенным вдоль и вкрест долины реки. При этом изучаются участки возможного расположения створов, трасс деривации, участков водохранилищ, месторождений стройматериалов. Применяется, в основном, комплекс электро-разведочных методов (метод вертикального электрического зондирования, электрофилирование), картаж скважин, магниторазведка. В сложных инженерно-геологических условиях (наличие мерзлоты, нарушение устойчивости бортов долин, локальных переуглублений и пр.) для решения общегеологических задач возможно применение сейсморазведки.

Гидрогеологические исследования проводят в районах всех гидроузлов, но их детальность зависит от очередности проектирования объекта. В состав этих исследований входят гидрогеологические наблюдения в процессе инженерно-геологической съемки и разведочных работ, а также опытно-фильтрационные работы (откачки, нагнетания, наливов) и в отдельных случаях режимные гидрогеологические наблюдения. Объем опытно-фильтрационных работ определяют исходя из необходимости выявить водопроницаемость тех слоев, которые после создания подпора могут стать путями фильтрации, существенной для водного баланса сооружения или могущей вызывать деформации основания.

Исследования физико-механических свойств грунтов (в основном их физических показателей), их петрографического и химического состава проводят на пробах, отобранных из скважин, на всех объектах в объеме, необходимом для классификации грунтов, общей оценки их состояния и подбора аналогов (от 7 до 10 проб из каждой

литологической разности). Определение прочности и сжимаемости основных разностей нескальных пород проводят лабораторными методами и в ограниченном объеме лишь для первоочередных гидроузлов, а для остальных эти показатели принимают по аналогам. Грунты считаются аналогичными, если при сходных литологии и генезисе показатели их состава и физических свойств отличаются не более чем на 30%, а основные параметры и технология строительства проектируемого сооружения и сооружения-аналога близки. Для скальных пород определяют временное сопротивление сжатию, а показатели прочности и сжимаемости принимают по методу аналогий и с помощью сейсмоакустических методов. На этом этапе следует получить предварительное представление о мощности естественных зон разуплотнения и выветривания, типе кор выветривания (физический или химический), наличии тектонических нарушений, степени трещиноватости пород в массиве на глубину области взаимодействия сооружений с геологической средой.

На стадии схемы также выявляют естественные неблагоприятные для проектируемых сооружений *геологические процессы* и дают предварительный прогноз возможности развития в периоды строительства и эксплуатации сооружений инженерно-геологических процессов, представляющих угрозу сооружениям или окружающей геологической среде.

При изысканиях устанавливают обеспеченность будущего строительства местными строительными материалами. В процессе работ выявляют месторождения и подсчитывают их запасы по категориям C_1 и C_2 . Запасы в два-три раза должны превышать потребности строительства в стройматериалах.

1.1.2. Изыскания для технико-экономического обоснования или технико-экономического расчета

Это наиболее ответственный этап работ, потому что именно при технико-экономическом обосновании (ТЭО) должна быть выбрана площадка для строительства, включая место расположения основных сооружений (плотины напорно-станционного узла, трасс деривации и пр.), постоянных и временных поселков, производственной базы строительства, карьеров местных строительных материалов, перевалочных баз, трассы внешних коммуникаций, а также решены основные вопросы, связанные с созданием водохранилища (включая выбор отметки НПУ) и охраной окружающей среды. Расчетная стоимость строительства, предусмотренная в утвержденном ТЭО, явля-

ется лимитом на весь период строительства. Изыскания выполняются в соответствии с техническим заданием, требования которого в виде примера приводится в прил. 1.

Основными задачами инженерно-геологических изысканий для ТЭО гидроузла являются:

- освещение и сопоставление природных условий, намеченных в схеме проектирования конкурирующих участков расположения сооружений гидроузла, для выбора одного из них в качестве первоочередного;
- обоснование проектных решений на выбранном участке;
- оценка условий создания водохранилища при различных отметках НПУ;
- оценка влияния сооружений гидроузла и водохранилища на окружающую среду;
- получение данных об обеспеченности строительства местными строительными материалами.

Изыскания для ТЭО делятся на два этапа. На первом этапе изыскания проводят на всех конкурирующих участках возможного расположения гидроузлов для определения оптимального по инженерно-геологическим условиям участка. На втором этапе должны быть более детально освещены инженерно-геологические условия этих участков и даны рекомендации для выбора участка.

На конкурирующих участках проводят инженерно-геологическую съемку, горно-буровые и геофизические разведочные работы, гидрогеологические исследования, изучение физико-механических свойств пород, а в районах, характеризующихся особыми условиями (например, высокой сейсмичностью, распространением вечной мерзлоты и пр.), — специальные исследования этих условий. Выполняют поисково-оценочные работы и предпроектные изыскания естественных строительных материалов.

Инженерно-геологические съемки на конкурирующих участках створов плотин должны проводиться на местности со сложным геологическим строением в масштабе 1:5000, при средней сложности — в масштабе 1:10000, при простом геологическом строении — в масштабе 1:25000.

Границы съемки устанавливают не ближе 200 м от контуров основных сооружений. При сложном геологическом строении помимо мелких выработок проходят отдельные структурные скважины.

Для районов с фоновой сейсмичностью свыше 6 баллов выполняются сейсмологические исследования, предназначенные для де-

тальной оценки сейсмологических и сейсмотектонических условий, и в частности:

- определение зон возможных очагов землетрясений (ВОЗ), их основных характеристик и параметров сейсмических воздействий на участке строительства, обусловленных сильнейшими сейсмическими событиями в каждой зоне ВОЗ (I этап ТЭО);
- оценка влияния на характеристики сейсмических воздействий локальных природных условий, прогноз возможности и величины тектонических и сейсмодетонаций;
- определение расчетных сейсмических воздействий (предварительное) (II этап ТЭО).

Разведочные работы обычно выполняют с помощью буровых скважин, шурфов, канав и штолен, размещаемых по поперечникам плотин.

На выбранном участке расположение поперечников должно отвечать принятой компоновке сооружений. Расстояние между выработками принимают при простых инженерно-геологических условиях равным 200–300 м, сложных — 100–200 м и весьма сложных — 50–100 м. На выбранных створах расстояния между разведочными выработками уменьшаются до 50–100 м. В пределах оснований бетонных сооружений расстояние должно быть меньше, чем в пределах земляных.

Глубину скважин принимают исходя из необходимости построить инженерно-геологические разрезы на всю мощность активной зоны влияния сооружения на основание. Поэтому глубину выработок назначают с учетом конкретных геологических условий и типа сооружений. Глубина скважин должна быть достаточной, чтобы можно было: установить глубину залегания коренного ложа долины или водоупорных пород; установить состав рыхлых четвертичных отложений и коренных пород; выявить мощность зоны выветривания и естественного разуплотнения; охарактеризовать структурно-тектонические условия; определить глубину залегания подземных вод, их уровни, химический состав и другие элементы геологического разреза. Штольни проходят в бортах долин горных рек. Они предназначены для выявления структурно-тектонических условий участка, мощности зоны выветривания и разуплотнения коренных пород, состояния и свойств относительно сохранных пород в зоне примыкания плотины.

В комплексе с разведочными выполняют *геофизические работы*, как правило, на створах, которые представляются наиболее перспективными, а также по оконтуривающим поперечникам (выше и ниже

створов плотин) и по связующим профилям вдоль долины реки. Используются те же виды исследований, что и на стадии схемы, но большее значение приобретают наблюдения во внутренних частях среды (просвечивание между выработками, а также между выработками и дневной поверхностью, каротаж). Сочетание сейсморазведки, электроразведки, магниторазведки и каротажа позволяет уменьшить неоднозначность интерпретации результатов работ, оценить более достоверно физико-механические свойства пород, устойчивость склонов, скорость движения подземных вод, их минерализацию, водонасыщенность пород и др. Геофизические методы используются при распространении данных лабораторных и точечных полевых испытаний свойств пород на массив горных пород.

Гидрогеологические исследования на I этапе ТЭО необходимы для получения характеристики общих гидрогеологических условий района, выбора вариантов створов для их сопоставления по условиям фильтрации из водохранилища на участке водоподпорных сооружений при разных отметках НПУ и условиям проходки (водопритоки, воздействие напорных вод на основание сооружений, развитие других неблагоприятных геологических процессов) строительных котлованов.

Мощность и условия залегания водоносных горизонтов, их гидравлический характер, положение уровней подземных вод, условия их питания и разгрузки, гидрохимические условия, положение области питания подземных вод относительно НПУ оцениваются в основном по результатам инженерно-геологической съемки, горно-буровых и геофизических работ.

Опытно-фильтрационные работы на вариантах створов выполняются, как правило, для оценки водопроницаемости пород, с которыми могут быть связаны существенные для водного баланса водохранилища утечки воды в нижний бьеф или в соседнюю долину. На каждом варианте створа эти породы должны быть опробованы не менее чем в 3–5 скважинах.

На выбранном варианте створа (II этап ТЭО) гидрогеологические исследования проводятся для построения геофильтрационной модели участка створа и проектирования на ее основе противофильтрационных и дренажных мероприятий, строительного водопонижения и водоотлива, для выбора источников временного водоснабжения, для оценки агрессивных свойств воды.

Геофильтрационная модель — это представленная в обобщенном и схематизированном виде совокупность гидрогеологических и других природных факторов, определяющих на изучаемом участке

закономерности распределения величин напоров, скоростей и расходов подземных и фильтрационных вод в естественных и техногенно нарушенных условиях. На модели должны быть выделены квазиоднородные по гидрогеологическим параметрам микрорайоны (участки).

Водопроницаемость водоносных и необводненных пород, по которым в строительный и эксплуатационный периоды может происходить фильтрация в основании и в береговых примыканиях водоподпорных сооружений, оценивается по результатам полевых опытно-фильтрационных работ (откачки, нагнетания). В случаях, когда береговые примыкания сложены слабОВОПРОНИЦАЕМЫМИ породами, исследования могут быть ограничены зоной рыхлых покровных отложений и выветрелых пород. В породах средне- и сильноводопроницаемых ширина исследуемой зоны должна быть не менее двух-трех напоров на плотине (считая от горизонта подпора в глубь берега).

Важной частью гидрогеологических исследований является изучение естественного урвннного и гидрохимического режима водоносных горизонтов, выполняемое с помощью стационарных наблюдений в скважинах. При этом помимо скважин, расположенных по створу, оборудуются наблюдательные скважины в верхнем и нижнем бьефах (не менее 6–10 скважин на каждом берегу). По результатам наблюдений строятся карты гидроизогипс на разные периоды года, которые в сочетании с результатами опытно-фильтрационных работ используются для выполнения прогноза фильтрационных потерь в основании и в обход сооружений, подпора подземных вод в верхнем и нижнем бьефах, водопритоков в строительные выемки и т.п.

Исследования физико-механических свойств грунтов при изысканиях для выбора участка гидроузла предполагают определение свойств, необходимых для классификации грунтов и подбора аналогов. Выявленные при этом слабые грунты изучают более подробно.

Исследования прочности и сжимаемости грунтов, залегающих на конкурирующих участках, проводят лабораторными и геофизическими методами. В ограниченном объеме возможно использование прессиометрии и зондирования.

На выбранном участке створа или при сравнении вариантов створов высоких бетонных плотин допускается использовать сравнительно дорогостоящие методы полевых исследований грунтов на сдвиг и сжимаемость пород штампами.

На стадии ТЭО, на этапе выбора варианта и на выбранном варианте более детально ведутся работы по отдельным сооружениям, входящим в состав гидроузла.

Изыскания для *проектирования деривационных каналов* должны выявить: условия создания выемок и насыпей для канала, устойчивость склонов и откосов канала, состав грунтов по трассе, их физико-механические и фильтрационные свойства. Для решения этих задач выполняется комплекс изысканий. В пределах полосы шириной для каждого варианта 0,5–1 км проводят инженерно-геологическую съемку, масштаб которой может быть от 1:5000 до 1:25000. Все варианты трассы должны размещаться в пределах одного контура съемки.

Разведочные работы выполняют по всем вариантам трассы канала, размещая скважины и шурфы по оси канала и его характерным поперечникам длиной 100–200 м. При этом выработки располагаются на всех основных элементах рельефа и геологической структуры участка. Среднее расстояние между выработками (в зависимости от строения) при выборе варианта может составлять по трассе 200–400, на поперечниках — 50–100 м. На выбранном варианте трассы среднее расстояние между выработками принимают по нижнему пределу интервалов. Наиболее подробно разведывают места расположения бетонных сооружений: насосных станций, акведуков, дюкерров и др.

Съемочные и разведочные работы сопровождаются *геофизическими исследованиями*. Используется комплекс методов, состоящий из электромагнито- и сейсморазведки и каротажа. В благоприятных геоэлектрических условиях можно использовать только электроразведку. Профили располагаются как вдоль трасс каналов, так и на поперечниках; их расположение зависит от наличия вариантов трасс деривации и их инженерно-геологического строения.

Гидрогеологические исследования при выборе трассы канала должны обеспечить изучение гидрогеологических условий для сопоставительной оценки конкурирующих вариантов по условиям производства земляных работ и фильтрации из канала. По всем вариантам трассы устанавливается положение уровней подземных вод и характеризуется водопроницаемость пород, вмещающих канал.

Полевые опытно-фильтрационные работы (наливы воды в шурфы и скважины, одиночные откачки из скважины) проводятся только на участках, где вопросы фильтрации (водопритоков) имеют существенное значение и могут влиять на выбор трассы. На остальных участках выполняются лабораторные определения коэффициентов фильтрации, используются косвенные признаки и аналоги.

Исследования по выбранной трассе должны обеспечить получение данных для районирования трассы по условиям фильтрации из

канала, определения ее размеров, прогноза подпора подземных вод на прилегающей территории, оценки устойчивости склонов на оползневых и косогорных участках и оценки агрессивности подземных вод. Расчетные показатели водопроницаемости всех характерных разностей водопроницаемых пород, развитых по трассе канала, должны быть обоснованы результатами опытно-фильтрационных работ.

Для изучения условий подпора подземных вод на характерных участках трассы выполняются стационарные наблюдения за режимом подземных вод в специально оборудованных скважинах и по существующим вблизи трассы колодцам и источникам. Аналогичные наблюдения выполняются на оползневых и косогорных участках, где дополнительное увлажнение пород за счет фильтрации из канала может привести к нарушению их устойчивости. Наблюдения за режимом подземных вод должны проводиться в течение всего периода изысканий, но не менее одного года.

Свойства грунтов, залегающих по трассе канала, при выборе варианта изучают для классификации грунтов, общей характеристики их основных показателей и подбора аналогов. По выбранному варианту проводят более полные исследования физико-механических свойств грунтов с определением показателей их прочности и сжимаемости.

Изыскания для *проектирования деривационных туннелей и других подземных гидротехнических сооружений* должны дать предварительную характеристику: устойчивости горных пород в сводах и стенках выемки, а также на участках порталов; физико-механических свойств пород, их напряженного состояния, горного давления и пучения; водопроницаемости пород, химического состава и агрессивности подземных вод; газоносности горных пород и геотермических условий территории. Основой для этой информации служат материалы инженерно-геологической съемки, отдельных выработок, проведенных геофизических работ и т.д.

Инженерно-геологическая съемка выполняется в масштабе 1:5000 – 1:25000 и охватывает все конкурирующие трассы туннелей. Горно-буровые и геофизические работы также проводят по всем трассам. При простом геологическом строении участка ограничиваются неглубокими скважинами, врезающимися в коренные породы на несколько метров (1–2 скважины на 1 км трассы). В сложных случаях кроме этого проходят скважины до глубины заложения туннеля. При выборе трассы на 1 км предусматривается одна глубокая

скважина, на выбранной трассе — две. Если проходка туннеля планируется на глубине более 300 м, глубокие скважины исключаются.

На порталных участках туннеля глубина скважин определяется мощностью покровных отложений и зоны выветривания коренных пород.

Гидрогеологические исследования предназначены для оценки водопритока в подземные выработки при строительстве, а также возможных утечек в эксплуатационный период. При выборе трассы эти факторы оцениваются по косвенным признакам (трещиноватость, закарстованность и т.д.). На выбранной трассе каждая глубокая скважина должна быть опробована опытными нагнетаниями или откачками.

Свойства грунтов на первом этапе оцениваются только лабораторными методами. Для выбранного варианта предусматривается более детальное изучение, включающее при необходимости полевые методы исследований.

Изыскания для проектирования *напорно-станционных узлов (НСУ)* решают следующие основные задачи: определение устойчивости участка расположения напорного бассейна, уравнильных сооружений и напорных трубопроводов, возможности фильтрации из напорного бассейна и ее влияния на устойчивость сооружений; получение характеристики водоносных пород, определение условий проходки котлована здания гидроэлектростанции (ГЭС), выемки под трубопроводы.

На I этапе ТЭО, как и при изысканиях под другие объекты, проводят инженерно-геологическую съемку в масштабах 1:5000 — 1:25000. На II этапе по выбранному варианту возможно выполнение дополнительной съемки. При сомнениях в устойчивости склона на нем проводят специальные исследования.

Разведочные работы выполняют по всем вариантам НСУ, располагая выработки по линии от напорного бассейна до подножия склона — здание ГЭС.

На участке напорного бассейна проходят 1–2 скважины с углублением в сохранныю скалу на 3–5 м. Если сооружение располагается в рыхлых породах, глубина скважин должна в 2–3 раза превышать глубину проектируемого бассейна.

Выработки, размещаемые на трассах напорных водоводов с шагом 50–100 м, углубляются в коренные породы на 5–7 м.

На участках здания ГЭС, расположенных в скальных породах, разведочные скважины проходят на 10–15 м ниже отметки заложения фундаментов. По трассам предполагаемого расположения отво-

дящего канала и холостого водосброса проходят 2–3 скважины на 5–7 м ниже отметки заложения сооружений.

Гидрогеологические исследования для выбора участка НСУ должны оценить: возможность фильтрации из бассейна и каналов, влияние фильтрации на устойчивость склона, приток воды в строительные выемки. Для решения этих задач выполняются полевые опытно-фильтрационные работы (откачки, наливывы в шурфы).

Физико-механические свойства грунтов на I этапе ТЭО изучаются для всех вариантов расположения НСУ для оценки грунтов как естественного основания. На выбранном участке проводят дополнительные исследования, необходимые для обеспечения проектных расчетов.

Изыскания по водохранилищу для рассматриваемых вариантов (I этап ТЭО) должны обеспечить оценку:

- возможности существенных для водного баланса водохранилища фильтрационных потерь;
- экологических последствий создания водохранилища;
- влияния водохранилища на населенные пункты, хозяйственные объекты, месторождения полезных ископаемых, ценные сельскохозяйственные угодья (подтопление и переработка берегов);
- возможности активизации старых и возникновения новых оползней, которые могут нанести ущерб объектам на берегу или привести к местному или общему заполнению водоема наносами;
- возможности возникновения крупных оползней или обвалов, которые могут перегородить водоем или уменьшить его емкость (для горных водохранилищ).

Для решения этих задач используют сбор и анализ фондовых материалов по территории водохранилища в сочетании с рекогносцировочным обследованием местности.

Для оценки опасных явлений в береговой зоне горных водохранилищ на стадии ТЭО проводят инженерно-геологическую съемку территории, прилегающей к урезу воды. Масштаб съемок должен быть от 1:200000 до 1:25000. Отдельные типовые участки могут сниматься в масштабе 1:5000 – 1:10000.

Для равнинных водохранилищ необходимость сплошной съемки по периметру водохранилища определяется освоенностью береговой зоны и требованиями охраны окружающей среды.

При проведении съемки обязательно используются аэро- и космоснимки. В число точек обоснования съемки входят горные выработки и скважины, процент которых принимается в соответствии с

СП 11–105—97. При хорошей обнаженности участка допускается проходку горных выработок частично заменять описанием обнажений.

На участках междуречий, где возможны значительные фильтрационные утечки из водохранилища в соседние долины, для выяснения условий и размеров фильтрации при разных отметках подпорного уровня выполняются разведочные работы: геофизические и бурение разведочных скважин с проведением в них опытно-фильтрационных работ и организацией режимных наблюдений.

Разведку в случае необходимости следует проводить на участках развития инженерно-геологических процессов, опасных для сооружений и водохранилища, — оползней, обвалов, селей и др.

На II этапе ТЭО инженерно-геологические изыскания выполняются для выбранного створа плотины и НПУ. Результатом проведенных изысканий является материал для:

- количественной оценки временных и постоянных фильтрационных потерь из водохранилища;
- прогноза подпора подземных вод и переформирования берегов по всему периметру водохранилища и оценки устойчивости оползневых и обвальных склонов;
- оценки возможности изменений водопритоков на участках эксплуатируемых и намеченных к разработке месторождений полезных ископаемых;
- прогноза всплывания торфяников, изменения условий питания и разгрузки водоносных горизонтов и эксплуатационных расходов подземных вод, возможных изменений сейсмической активности территории;
- обоснования схемы инженерной защиты объектов от воздействия водохранилища.

В состав инженерно-геологических работ по выбранному варианту должны входить:

- инженерно-геологические съемки с разведочными работами и лабораторными исследованиями грунтов и воды (геофизическими, горно-буровыми, опытно-фильтрационными);
- инженерно-геологическое районирование побережий водохранилищ по условиям подпора подземных вод и переформирования берегов;
- установка режимных створов для наблюдений за режимом подземных вод на типовых участках в пределах выделенных инженерно-геологических районов и подрайонов, на участках хозяйственных объектов, попадающих в зону влияния водохранилища и на участках возможных утечек в соседние долины;

- геофизические и буровые работы на участках развития торфяников;
- рекогносцировочное обследование селеопасных участков;
- поиски месторождений естественных строительных материалов для строительства защитных сооружений.

Районирование побережий водохранилища проводят по геоморфологическим, гидрогеологическим и геодинамическим особенностям, с учетом развития стратиграфо-литологических комплексов пород, имеющих примерно одинаковую степень литификации и сравнительно близкие физико-механические свойства (включая размываемость и размокаемость пород).

Для прогноза подпора подземных вод, подтопления и переработки берегов инженерно-геологические съемки выполняются в масштабе от 1:10000 до 1:2000 с обязательной нивелировкой берегового склона по характерным (по условиям рельефа) поперечникам для построения топографических профилей.

Разведочные выработки размещают по поперечникам, направленным, в основном, перпендикулярно берегу водохранилища. Расстояния между поперечниками для прогноза подпора подземных вод и подтопления принимаются на территориях городов, на площадках промышленных объектов равными 300–500 м, в сельских населенных пунктах 500–700 м, в ценных сельскохозяйственных и лесных угодьях 1000–5000 м; для прогноза переработки берегов — не менее одного поперечника на каждый инженерно-геологический район и на каждый геоморфологический элемент. Расположение выработок на поперечниках должно обеспечить построение детального геологического разреза в масштабах: горизонтальном 1:2000 – 1:1000 и вертикальном 1:200. Число скважин на поперечниках для прогноза подпора подземных вод и подтопления берегов должно быть не менее трех. Не менее трех скважин на типовом гидрогеологическом поперечнике оборудуются для наблюдений за режимом подземных вод, которые проводятся в течение всего периода проектирования и строительства гидроузла и наполнения водохранилища.

Водопроницаемость пород, определяющих условия развития подпора подземных вод на изучаемых участках, оценивается по данным опытно-фильтрационных работ с использованием результатов лабораторных исследований рыхлых и связных пород и изучения трещиноватости для скальных пород и по аналогам.

Прогнозы стационарного и неустановившегося подпора подземных вод и оценки фильтрационных потерь из водохранилища со-

здаются на основе результатов опытно-фильтрационных работ или по данным режимных наблюдений.

Для прогноза переформирования берегов в лаборатории должны быть изучены физико-механические свойства грунтов, слагающих береговой склон: гранулометрический состав для рыхлых грунтов; естественная влажность, объемный вес, пределы пластичности и размокаемости для связных грунтов; размокание и размываемость для полускальных пород. Для торфяников в ложе водохранилища изучают мощность, степень разложения и объемный вес. При создании водохранилищ в сейсмоактивных районах должны быть выполнены работы по оценке устойчивости склонов при сейсмическом воздействии с учетом возможного разжижения рыхлых грунтов.

Выбор карьеров естественных строительных материалов проводят в процессе инженерно-геологической съемки на конкурирующих участках. По наиболее перспективным карьерам проводят предпроектную разведку с определением объемов (запасов) по категории C_1 . По выбранному варианту проводят проектную разведку с определением объемов (запасов) по категориям $B+C_1$ с учетом коэффициента обеспеченности 2, в том числе по категории B с учетом 50–60% потребности. При разведке необходимо оценить возможность использования в качестве строительных материалов грунтов из строительных выемок, а также устройства карьеров в ложе водохранилища.

1.1.3. Изыскания для обоснования проекта гидроузла

На этом этапе основной задачей инженерно-геологических изысканий является обоснование выбора типов сооружений, их компоновки и проектных решений по принятой компоновке.

Инженерно-геологические съемки выполняют только в случае необходимости корректирования имеющихся инженерно-геологических карт.

Активно ведутся сейсмологические исследования для получения исходных данных, обеспечивающих надежное определение расчетных сейсмических воздействий с учетом конкретных особенностей проектируемого сооружения и устанавливаемого оборудования, природных условий участка строительства и повторяемости землетрясений. Также необходимо провести уточнение глубинного строения зоны водохранилища и оценок интенсивности возможных тектонических подвижек и сейсмодетонаций. Для решения этих задач выполняются специальные глубинные виды сейморазведочных работ и натурные наблюдения. Минимальный срок исследований, в зависимости от сложности объекта, — от 1 до 1,5 лет.

Выработки для обоснования проекта располагают по осям сооружений и линиям, параллельным и перпендикулярным их осям. Расстояния между выработками составляют 50–100 м в зависимости от типа, размеров сооружений и сложности инженерно-геологических условий. Более детально разведуют основание и примыкания высоких арочных и контрфорсных плотин, менее подробно — плотин из местных строительных материалов.

В пределах контуров оснований бетонных плотин проходят горные выработки: шурфы, шахты, штольни, смотровые скважины для подробного изучения геологического разреза и гидрогеологических особенностей, выявления слабых прослоев, зоны выветривания и разуплотнения, тектонической нарушенности и трещиноватости пород и пр.

При изысканиях для строительства высоких каменно-земляных плотин (более 70 м) необходимо разведать открытыми выработками в сочетании с полевыми геофизическими работами зону сопряжения плотины с основанием, чтобы можно было установить необходимую врезку сооружения, глубину закладки зуба плотины и всего ее подземного контура.

На этой стадии изысканий выполняется значительный объем комплексных геофизических исследований, основной задачей которых является получение исходных данных для уточнения инженерно-геологического строения участка, а также для характеристики физико-механических свойств и состояния пород в естественном залегании.

Гидрогеологические исследования на участке створа выполняются для составления прогноза изменения гидрогеологических условий при строительстве и эксплуатации гидроузла, а также обоснования параметров противofiltrационных и дренажных мероприятий. Состав и объемы работ определяются с учетом следующих условий:

- расчетные значения водопроницаемости сильноводопроницаемых и фильтрационно-неоднородных пород в основании подпорных сооружений (гравийно-галечные грунты, закарстованные или тектонически раздробленные породы) и гидрогеологические параметры, необходимые для фильтрационных расчетов строительного водопонижения и дренажей (коэффициенты уровнeпроводности, пьезопроводности, водоотдачи, анизотропии, фильтрационного сопротивления русловых отложений), определяются по результатам кустовых откачек и наблюдений за уровнем режимом подземных

вод. Количество кустовых откачек и места их проведения должны назначаться с учетом данных опытов в одиночных скважинах;

- во всех скважинах, проходимых в скальных и полускальных породах, на участке напорных сооружений для уточнения контура противофильтрационных мероприятий, намеченных в ТЭО, выполняется сплошное опробование позонными нагнетаниями и наливками;
- наблюдения за режимом подземных вод проводятся в течение всего периода изысканий. При этом заложенная ранее пьезометрическая сеть может быть расширена.

Физико-механические свойства грунтов изучаются лабораторными и полевыми методами. Последние включают в себя штампы и срезы целиков, сейсмоакустические исследования, опробования прессиометрией, крыльчаткой, динамическим зондированием и т.п.

При *изысканиях по трассе деривационного канала* повышается детальность инженерно-геологической съемки (М 1:2000 – 1:10000), которая дополняется специальными исследованиями неблагоприятных геологических процессов. Обосновываются инженерные мероприятия по защите сооружений от этих процессов.

При разведочных работах расстояние между выработками по трассе деривации сокращается до 25–100 м. Скважины проходят на 5–7 м ниже дна канала, а отдельные до водоупора.

Гидрогеологические исследования направлены на уточнение условий строительства.

На этой стадии *изыскания для подземных гидротехнических сооружений* решают следующие основные задачи:

- уточнение геологического строения и гидрогеологических условий участка (трассы) размещения подземных сооружений с подробным изучением разрывных нарушений, трещиноватости и составлением геолого-структурной модели массива пород;
- изучение техногенного процесса разуплотнения вокруг горных выработок и динамики его развития, прогнозная оценка горного давления на обделку подземных выработок;
- инженерно-геологическое обоснование способов проходки и крепления подземных выработок с учетом конкретных геологических условий, оптимальных конструкций анкерных креплений;
- обоснование инженерно-геологических рекомендаций по установке контрольно-измерительной аппаратуры, проведению и интерпретации результатов натурных исследований.

Съемка по трассам туннелей выполняется в масштабе 1:2000 – 1:10000. Скважины при разведке проходят на 10–15 м ниже отметок

заложения туннеля и размещают по трассе через 0,2–1,0 км. В местах расположения шахт, подземных машинных залов ГЭС должны быть пробурены 1–3 скважины до глубины на 15–20 м ниже подошвы сооружений.

При гидрогеологических исследованиях откачками и нагнетаниями опробуются все слои, которые могут служить путями интенсивной фильтрации.

Физико-механические свойства грунтов изучаются лабораторными и полевыми методами. Последние применительно к скальным грунтам могут включать в себя определение:

- параметров прочности при сдвиге ($tg\varphi$ и C) скальных целиков либо обрушении уступов, а также проведение опытов в условиях трехосных испытаний;
- прочности на сжатие и растяжение скальных грунтов в целиках;
- модуля деформации, коэффициента упругого отпора пород и уровня естественных напряжений, действующих в скальном массиве, методом компенсации (плоские домкраты);
- естественных напряжений в скальном массиве методом частичной разгрузки в процессе проходки выработок на большой базе измерений;
- несущей способности анкеров.

Кроме того, для определения модуля деформации и расчленения массива по деформационным показателям в скважинах проводятся pressiометрические испытания.

На этом этапе изыскания сопровождаются комплексом геофизических работ, которые должны решить следующие задачи:

- выделение и прослеживание в массиве пород зон тектонического дробления;
- уточнение геологического строения массива горных пород между выработками на участке расположения сооружений;
- разделение пород по степени трещиноватости, пористости, глинистости и водонасыщенности;
- определение естественного напряженного состояния массива;
- определение параметров зон разуплотнения вокруг выработок и контроль за их изменением во времени;
- оценка величины коэффициента удельного отпора для расчета облицовок туннелей и камер;
- изучение свойств пород на участках проведения геомеханических опытов и уточнение экспериментальных зависимостей между

прочностными и деформационными показателями с целью построения деформационной модели;

- определение неоднородности и анизотропии упругих, деформационных и прочностных свойств пород в естественном залегании.

Для обоснования проекта напорно-станционного узла по всем сооружениям этого узла проводят горно-буровые и геофизические разведочные работы. Расстояния между разведочными выработками сокращается до 20–50 м. Их глубина принимается на 10–15 м ниже основания сооружений, а расположение должно соответствовать принятой компоновке. В местах заложения опор трубопроводов и других наиболее ответственных сооружений обычно проходят шурфы или скважины большого диаметра.

На стадии ТЭО проекта уточняются геолого-гидрогеологические условия строительства чаши проектируемого водохранилища, его влияние на окружающую среду. Для уточнения составленного в ТЭО прогноза подтопления и переработки берегов водохранилища предусматриваются изыскания на участках побережий, подлежащих защите. Состав и объем работ зависят от параметров защитных сооружений, сложности условий и степени изученности территории в ТЭО.

Разведочные выработки размещают по осям ограждающих дамб через 100–200 м. В сложных условиях и при высоте дамб более 12 м через 200–300 м закладывают поперечники не менее чем из трех скважин. Глубина выработок принимается не менее полуторной высоты дамб. По трассе дренажа выработки размещаются с шагом 200–300 м, при этом половина скважин должна быть пройдена до водопора. Дренируемые водоносные горизонты изучаются одиночными откачками, а на характерных участках проводят длительные — кустовые.

1.1.4. Изыскания для обоснования рабочей документации

Изыскания проводят с учетом ранее выполненных работ для обеспечения разработки рабочих чертежей, детализации проекта производства строительных работ, обоснования расчетов конструкции фундаментов и устойчивости сооружений, мероприятий по защите окружающей среды от техногенного воздействия.

Как правило, на этапе обоснования рабочей документации (РД) ведут наблюдения за всеми техногенными геологическими процессами, которые могут представлять угрозу для строящихся сооруже-

ний или окружающей среды. При необходимости проводят специальные исследования причин возникновения и степени опасности этих процессов для разработки мероприятий по их предотвращению или нейтрализации.

Горно-буровые работы проводят в пределах контуров строительных котлованов. Расстояние между выработками (с учетом пройденных ранее) составляет 20–100 м, а глубина определяется активной зоной конкретного сооружения.

Продолжаются сейсмологические исследования по уточнению работы отдельных элементов основания и сооружений при расчетных землетрясениях. Разрабатываются программа и проект натуральных сейсмологических и геофизических наблюдений в период строительства и эксплуатации. Выполняются первые циклы наблюдений.

Гидрогеологические исследования проводят для корректировки проекта водоотлива, строительного водопонижения, параметров и конструкции противофильтрационных и дренажных устройств. Детально изучают гидрогеологические параметры осушаемых, разгружаемых и дренируемых водоносных горизонтов. Определяют взаимосвязи горизонтов между собой и с поверхностными водами, коррозийные свойства подземных и поверхностных вод и их смесей.

Изыскания выполняются с помощью кустовых откачек, геофизических работ и режимных наблюдений за уровнем и составом подземных вод. При необходимости оборудованная ранее сеть стационарных наблюдательных скважин может быть расширена с учетом реального положения строительных выемок, дренажей и противофильтрационных сооружений.

Исследование физико-механических свойств грунтов проводят для подтверждения расчетных показателей, а также выявления возможных изменений свойств в процессе строительства за счет выветривания, разуплотнения, набухания и т.п. При строительстве подземных сооружений полевыми методами определяют коэффициент удельного отпора, напряженное состояние пород и горное давление.

Изыскания, проведенные по водохранилищу, обеспечивают оценку его влияния на окружающую среду и проектирование защитных сооружений с учетом уточненных на стадии проекта границ и гидрогеологического режима водоема. На типовых защищаемых участках побережий проводятся наблюдения за режимом подземных вод.

На этапе обоснования рабочей документации проводят детальную, а в случае необходимости — детально-эксплуатационную разведку требуемых объемов строительных материалов.

1.2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

1.2.1. Изыскания для обоснования схемы размещения ГАЭС

В состав гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС) входят: верхний аккумулирующий бассейн; водоводы; здание станции; нижний бассейн. С позиций инженерной геологии, наиболее важными являются следующие конструктивные особенности станций: обязательное наличие крутого склона, нередко связанного с современными и древними оползнями; необходимость сооружения обширного верхнего бассейна, вероятная фильтрация из которого влияет на устойчивость склона; неизбежная в условиях строительства подрезка склона при необходимости сохранения его устойчивости; интенсивные колебания уровня воды в бассейнах в процессе эксплуатации сооружения.

Изыскания на этой стадии выполняются в два этапа. При этом рассматриваемые варианты размещения сооружений нередко находятся в бассейнах разных рек на значительном расстоянии друг от друга.

На первом этапе целью изысканий является получение сведений о геологическом строении площадок и развитии процессов, определяющих устойчивость склонов, а также о водоудерживающей способности грунтов. Эти материалы формируются на основе анализа фондовых данных и инженерно-геологического обследования территории.

На втором этапе цель изысканий — получение для перспективных площадок информации о геологическом строении, гидрогеологических условиях и физико-механических свойствах слагающих их грунтов. Кроме этого должны быть даны характеристика экзогенных геологических процессов и сейсмичности района, ориентировочная оценка устойчивости естественных склонов, а также сообщения о возможности развития неблагоприятных геологических процессов при строительстве и эксплуатации сооружений. На всю площадь возможного размещения сооружений, включая зону их воздействия на окружающую геологическую среду, составляются схематические карты — геологическая, гидрогеологическая и инженерно-геологического районирования М 1:500000 и крупнее.

Изыскания включают в себя буровые и опытно-фильтрационные работы, проходку горных выработок и геофизические исследования. Приоритетными направлениями являются: изучение характера и интенсивности процессов, влияющих на устойчивость склона; оценка гидрогеологических особенностей массивов грунтов на участках потенциально возможного размещения верхних бассейнов.

В процессе рекогносцировки выявляют также карьеры естественных строительных материалов.

1.2.2. Изыскания для технико-экономического обоснования ГАЭС

При изысканиях по верхнему бассейну решаются следующие основные задачи: обоснование расчетов фильтрации из бассейна, прогнозирование изменения гидрогеологических условий и фильтрационных деформаций в области его воздействия, обоснование проектных решений по компоновке верховых сооружений ГАЭС и противофильтрационных мероприятий, составление геофильтрационной модели массива пород для естественных и эксплуатационных условий.

Рассматривают также возможность использования грунтов из полезных выемок для противофильтрационного покрытия и строительства дамб.

По сооружениям НСУ в задачи изысканий для ТЭО входят:

- выбор наиболее устойчивых участков на склонах для размещения сооружений в широкой полосе (500 м и более — по максимальной ширине напорных трубопроводов);
- составление ориентировочного прогноза устойчивости склонов на основе обобщения региональных геологических материалов и реконструкции истории формирования склонов на разных этапах развития в увязке с неотектоническими движениями, палеогеологическими процессами, оледенениями;
- построение инженерно-геологической модели для расчетов устойчивости естественных склонов с учетом изменений свойств пород, напряженного состояния и гидрогеологических условий в строительный период;
- выбор компоновки и типов сооружений, исходя из требований надежности сооружений, и в связи с этим сохранение устойчивости склонов при всех условиях их функционирования;
- выбор типа защитных мероприятий по стабилизации склонов в области воздействия сооружений.

Изыскания выполняются в два этапа:

На I этапе ТЭО работы ведут на всех конкурирующих площадках.

Инженерно-геологические съемки проводятся в масштабе 1:10000–1:25000 и, как правило, дополняются геофизическими исследованиями.

Разведочные работы по верхнему бассейну выполняют по двум взаимоперпендикулярным профилям. Скважины размещаются на них с шагом 250–500 м, с выходом за пределы бассейна. Глубина выработок определяется необходимостью вскрытия основного водоносного горизонта и водоупора. Проходят также отдельные струк-

турные скважины глубиной до 100–150 м. По трассе ограждающей дамбы верхнего бассейна разведку ведут по поперечникам, с интервалом 300–400 м. При этом длина поперечника должна перекрывать всю полосу вариантов размещения дамбы. На выявленных по данным съемки перспективных участках размещения напорно-станционного узла по трассе водоводов выполняют бурение по двум – трем поперечникам. При этом непосредственно на участке здания ГАЭС проходят отдельные скважины до глубины 30–40 м ниже НПУ нижнего бассейна.

Гидрогеологические исследования выполняют путем наблюдений за водопроявлениями при инженерно-геологической съемке. Опытно-фильтрационные работы на этом этапе ограничиваются наливками, нагнетаниями, одиночными откачками и лабораторными исследованиями.

Физико-механические свойства грунтов оценивают по результатам испытаний образцов в лабораторных условиях и данным аналогов. При этом рассматриваются грунты, залегающие до глубины 10–20 м ниже оснований сооружений ГАЭС.

При всех видах исследований широко применяются геофизические методы.

На II этапе ТЭО изыскания детализируются с учетом выбранных типов и компоновки сооружений, уровня воды в бассейнах.

Инженерно-геологическая съемка выполняется на отдельных сложных участках склонов и основных сооружений, а ее масштаб укрупняется до 1:2000 – 1:10000.

При разведочных работах по верхнему бассейну глубина шурфов и скважин определяется инженерно-геологическими условиями, а шаг выработок сокращается до 200–300 м. На дамбах обвалования бассейна выработки проходят по их оси через 100–200 м, а на поперечниках через 300–400 м.

Дополнительные поперечники разбуриваются через узкие водоразделы и овраги, расположенные по периметру бассейна, т.е. там, где возможна интенсивная фильтрация.

Выработки по сооружениям НСУ (водоприемник, трубопроводы, здание ГЭС) проходят до глубины 20–30 м ниже их подошвы с шагом 50–100 м. В контурах сооружений возможна проходка штолен, шахт или скважин большого диаметра с заглублением на 10–20 м ниже основания сооружений. На этом этапе проводят также обследование участка долины в контуре нижнего бассейна с разбуриванием участков створа плотины и типовых поперечников для прогнозирования переработки берегов.

Физико-механические свойства грунтов изучаются лабораторными методами. При варианте подземной компоновки НСУ с помощью сейсмоакустических методов оценивается коэффициент упругого отпора и напряженное состояние в массиве.

Гидрогеологические исследования на данном этапе должны обеспечить обоснование прогноза гидрогеологических условий, построение геофильтрационной модели, обоснование типа дренажных сооружений и способа строительного водопонижения. Изучается уровенный и геохимический режим, а также коррозионные свойства подземных вод каждого водоносного горизонта, встреченного в сфере взаимодействия сооружений и массива грунтов. Для этих целей организуют наблюдательную режимную сеть, оборудуя пьезометрами разведочные скважины. В постоянном контроле нуждаются и естественные выходы подземных вод в пределах всего склона.

Продолжается предварительная разведка карьеров строительных материалов с определением запасов по категории В+С₁. Как и при любых других изысканиях выполняются лабораторные исследования для оценки возможности использования в строительных целях грунтов из деловых выемок.

Для контроля устойчивости склона оборудуется сеть марок геодезического мониторинга, его возможных подвижек.

1.2.3. Изыскания для обоснования проекта ГАЭС

Изыскания на этом этапе выполняются для обоснования типов сооружений, их компоновки и конкретных проектных решений по выбранному варианту.

При необходимости более детального освещения выполняются крупномасштабные инженерно-геологические съемки по отдельным сооружениям.

Для уточнения условий фильтрации из *верхнего бассейна* и разработки противофильтрационных мероприятий проходят скважины и шурфы, в том числе специальные гидрогеологические, в которых выполняются комплекс наблюдений, фильтрационное опробование и геофизические исследования. На участках, потенциально опасных в фильтрационном отношении, расстояние между выработками может быть сокращено до 50–100 м. Глубина выработок определяется геологическими условиями и фильтрационными свойствами основания бассейна. При наличии карста, просадочности и суффозионных явлений исследования выполняются по специальной программе.

Разведку по трассам дамб обвалования верхнего бассейна и поперечникам к ним проводят, располагая скважины и шурфы на рас-

стоянии 50–100 м друг от друга. Часть поперечников закладывают на участках естественных понижений (оврагов, долин) и в зонах развития неблагоприятных геологических процессов. Для изучения условий питания и дренирования подземных вод и составления прогноза изменений геологической среды под влиянием фильтрации из верхнего бассейна на прилегающей территории в границах его влияния задают 2–3 поперечника из наблюдательных скважин. С учетом необходимости составления прогнозов фильтрации региональный водоупор должен быть вскрыт отдельными скважинами.

В контурах котлована *водоприемника* скважины и контрольные шурфы проходят на 15–20 м глубже заложения фундамента сооружения. Расстояния между выработками не превышают 50–100 м. В контурах выемки под *напорные трубопроводы* скважины проходят на 10–15 м ниже заложения анкерных опор или свай. Во всех выработках отбирают образцы грунтов (монолиты) для лабораторных исследований и при необходимости выполняют полевые опыты. Если в составе ГАЭС проектируются водоводы шахтно-туннельного типа, то состав и объемы изысканий должны соответствовать требованиям к изысканиям для туннелей и подземных сооружений ГАЭС.

Для уточнения и детализации расчетной инженерно-геологической модели склона разведку проводят в контурах проектируемых сооружений и на прилегающих участках склонов, где по инженерно-геологическим условиям требуется проведение укрепительных или дренажных мероприятий. Для наблюдений за устойчивостью склона оборудуют сеть геодезических знаков (реперов, марок, отвесов).

Материалы изысканий должны включать в себя рекомендации по стабилизации склона (устройству контрбанкетов, подпорных стенок, дренажей и пр.) в условиях строительства и эксплуатации сооружений. Прогнозирование устойчивости склона выполняется на основе специальных модельных исследований по определению напряженно-деформированного состояния и гидродинамического режима массива пород, слагающих склон с учетом колебания уровня воды в бассейнах, проявления порового давления и ползучести глинистых грунтов.

На участке строительного *котлована здания ГАЭС* скважины проходят на 20–40 м ниже его основания. Расстояние между скважинами составляет 20–50 м. На участке здания ГАЭС задают горные выработки или скважины большого диаметра для проведения комплексных исследований свойств пород основания и более подробной документации геологического разреза.

Гидрогеологические исследования направлены на обоснование геофильтрационной модели участка и гидрогеологических параметров, необходимых для расчетов фильтрации из верхнего бассейна и подпора подземных вод на склоне, для выбора схемы строительного водопонижения и водоотлива. Для решения этих задач продолжают начатые при составлении ТЭО стационарные наблюдения за режимом подземных вод и выполняют дополнительные опытно-фильтрационные работы. Количество опытов и места проведения этих работ назначаются с учетом результатов исследований, выполненных для ТЭО. Для обоснования мероприятий по дренированию и стабилизации склона и оснований сооружений ГАЭС необходимо детальное изучение баланса подземных вод.

По *нижнему бассейну* проводят дополнительный комплекс изысканий. Если бассейн создается заново путем сооружения плотины, то по ее створу выполняются изыскания в видах и объемах, предусмотренных для плотины ГАЭС. По берегам водоема выполняют разведочное бурение по поперечникам из скважин для обоснования прогноза подпора и переформирования берегов. Как правило, выполняют работы для обоснования прогноза возможности заполнения полезной емкости водоема наносами за счет переработки берегов или возникновения катастрофических оползней.

Выполняют проектную разведку необходимых объемов строительных материалов и, в первую очередь, в контурах полезных выемок.

1.2.4. Изыскания для обоснования рабочей документации ГАЭС

Для снятия вопросов, возникших при проектировании и строительстве, проводят детальные изыскания на площадках отдельных сооружений и выдаются необходимые рекомендации.

Продолжаются геодезические наблюдения за деформацией склонов со сгущением сети наблюдательных марок. При выявлении подвижек или потенциальной неустойчивости склона объемы и сроки наблюдений оперативно корректируются.

Материалы изысканий, выполненных на стадии рабочей документации, оформляют в виде отдельных отчетов по выполненным изысканиям, наблюдениям, исследованиям и др. В случае, если на этой стадии были существенно изменены проектные решения, для их обоснования должен быть составлен сводный отчет по всем выполненным работам с соответствующими графическими приложениями.

2. Инженерно-геологические изыскания при строительстве крупных каналов

Крупные каналы обычно решают ирригационные, транспортные и попутно энергетические задачи. Особенностью каналов является их значительная протяженность, достигающая сотен, а порой и тысяч километров. Следствием протяженности сооружений является прохождение трассы по территориям с чрезвычайно разнообразными инженерно-геологическими условиями.

Основные проблемы, возникающие при строительстве каналов, связаны с фильтрационными потерями транспортируемой воды, влиянием утечек на гидрогеологические условия прилегающей территории, объемами земляных работ и устойчивостью откосов. С учетом этих проблем основной задачей на первом этапе изысканий является выбор трассы, природные условия которой обеспечат наименьший объем земляных работ, минимальные потери воды и снижение объема технических мероприятий по сокращению потерь. Следует иметь в виду, что варианты размещения трассы во всех случаях зависят от положения источника воды (водохранилища) и конечного потребителя.

В принципе инженерно-геологические изыскания для строительства крупных каналов по видам работ и ожидаемым результатам сходны с исследованиями для деривационных каналов ГЭС, детально рассмотренными выше. Значительное отличие заключается в размерах и протяженности.

При проектировании каналов на малоизученных территориях обычно на имеющейся геологической основе составляется обзорная инженерно-геологическая карта в масштабе 1:500000 – 1:1000000 с обязательным использованием аэро- и космоснимков. Для полосы, в пределах которой возможен выбор трассы канала, составляется более детальная инженерно-геологическая и гидрогеологическая карты в масштабе 1:200000 – 1:100000.

При проведении съемок особое внимание должно уделяться геологическому строению, геоморфологическим условиям и рельефу, засоленности, состоянию и свойствам грунтов зоны аэрации, уровню грунтовых вод, положению локальных и региональных водоупоров, направлению потока подземных вод, их химическому составу и т.д. Важнейшее значение имеет выявление и изучение развитых по трассе канала физико-геологических процессов: карст, ветровая и водная

эрозия, плоскостной смыв, оврагообразование, просадочность, заболоченность и др.

Разведочные работы проводят с размещением выработок как по оси трассы, так и по поперечникам. Последние содержат от 2 до 5 скважин, размещаемых по одну или обе стороны канала в зависимости от направления потока подземных вод. Глубина скважин определяется уровнем подземных вод и глубиной залегания водоупора.

При изысканиях широко используются геофизические методы исследований (электроразведка, сейсмопрофилирование), позволяющие уточнить геологическое строение местности и положение подземных вод на участках между разведочными скважинами, что крайне важно при значительной протяженности сооружений.

Для оценки объемов потерь воды из канала и их возможного влияния на гидрогеологическую обстановку прилегающей территории выполняются опытно-фильтрационные работы, включающие в себя откачки, нагнетания, наливы в шурфы и лабораторные исследования. Проведенные исследования должны обеспечить расчетные показатели водопроницаемости всех типовых разновидностей грунтов, залегающих по трассе, и ее районирование по условиям фильтрации из канала. Важным элементом изысканий являются стационарные наблюдения за режимом подземных вод. Они обычно выполняются там, где утечки из канала наиболее вероятны, а их возможное воздействие на окружающую среду наиболее интенсивно (крутые склоны, оползневые участки и т.п.).

Оценка свойств грунтов по трассе проектируемого канала выполняется на основе лабораторных и полевых испытаний с использованием геофизических методов исследований.

Полученные физико-механические параметры грунтов используются при расчетах устойчивости откосов выемок и насыпей канала. При выборе крутизны заложения откосов учитываются и наблюдения за природными склонами.

В процессе изысканий изучается возможность использования грунтов, извлекаемых из выемок, в качестве грунтовых строительных материалов.

3. Инженерно-геологические изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений

3.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МОРСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Нефтегазопромысловые сооружения на континентальном шельфе включают в себя: временные (плавучие буровые установки — ПБУ) и стационарные платформы, эстакады, нефтепогрузочные сооружения, объекты подводного обустройства месторождений, морские хранилища, внутрипромысловые трубопроводы и т.д. При этом под *континентальным шельфом* понимается зона вокруг материков, простирающаяся от береговой линии (при низком стоянии уровня воды во время отлива) до бровки континентального склона, где отмечается резкое увеличение глубин моря. Природные условия шельфа определяют основные особенности изысканий:

- практически все виды работ выполняются со специализированных или приспособленных судов, плавающих установок, понтонов или со льда;
- необходимость широкого использования дистанционных методов исследования геолого-литологического разреза и рельефа дна;
- скоротечность работ, определяемая метеоусловиями.

Изыскания должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических условий района и площадок проектируемого строительства (а на слабоизученных акваториях шельфа – изучение инженерно-геологических условий всей площади нефтегазонасной структуры или большей ее части), включая рельеф, геологическое строение, сейсмотектонические, геоморфологические, гидрогеологические и геокриологические условия, состав, состояние, свойства и температуру грунтов, наличие опасных геологических процессов и явлений, с целью получения необходимых материалов для обоснования предпроектной и проектной документации на строительство объектов обустройства месторождения и мероприятий инженерной защиты.

При планировании работ следует учитывать, что наибольшая изменчивость пород на шельфе отмечается по нормали к берегу, наименьшая — вдоль берега. Важной особенностью природных условий на шельфе также является чрезвычайная подвижность осадочных отложений в прибрежной мелководной зоне вследствие развития различных литодинамических процессов (поступление наносов извне — вынос рек, эоловый перенос, образование наносов в

результате абразии берегов и эрозии морского дна, транзит наносов вдоль берега и их необратимый уход на глубину, натирание крупно-обломочного материала под действием волнения, аккумуляция наносов, задержание и накопление наносов инженерными сооружениями).

Изыскания на шельфе выполняются в три этапа для разработки: предпроектной документации (обоснование инвестиций), проекта (ТЭО), рабочей документации. На всех стадиях инженерно-геологические изыскания должны включать в себя следующие виды работ:

- сбор и обработка материалов изысканий и исследований прошлых лет;
- бурение инженерно-геологических скважин с отбором керна, а также отбор образцов грунта и проб донных отложений с использованием морских пробоотборников легкого и тяжелого типа;
- геофизические исследования (непрерывное сейсмоакустическое профилирование, гидролокация бокового обзора и др.);
- полевые и лабораторные определения физико-механических свойств грунтов, а также гранулометрического состава и химического состава поровых вод;
- камеральная обработка материалов изысканий, составление карт, разрезов и технического отчета.

Бурение выполняется, как правило, со специализированных буровых судов. Следует учитывать, что в открытых шельфовых морях величины приливов — отливов могут достигать 5–8 м, что приводит к существенному искажению данных бурения. Результаты замеров, полученных в период бурения, увязываются с данными эхолотирования при камеральной обработке материалов. Выбор точек бурения скважин и их глубину определяют, используя данные геофизических работ.

Геофизические исследования при инженерно-геологических изысканиях на шельфе в качестве основного метода выполняются, как правило, в составе первоочередных работ под все типы морских нефтегазопромысловых сооружений.

Цели и задачи, решаемые геофизическими методами, приведены в табл. 2.

При выполнении изысканий большое значение имеет использование полевых методов исследования состояния и свойств грунтов в массиве: статическое (в том числе сейсмическое) и динамическое зондирование, прессиометрия, дилатометр и вращательный срез крыльчаткой. Выполняемые в комплексе с полевыми методами лабораторные работы имеют некоторую специфику. Например, для

районов с возможным циклическим воздействием на сооружение сейсмических колебаний, штормовых волн, ветра и ледовых нагрузок определение механических свойств грунтов выполняется при динамических нагрузках. Из-за широкого распространения органических и органоминеральных грунтов, склонных к самопроизвольному уплотнению и не подлежащих длительным перевозкам, рекомендуется проводить их испытания в специально оборудованных лабораториях на судах.

Т а б л и ц а 2

Цель	Задачи	Рекомендуемые методы
Изучение геологического строения и инженерно-геологических условий массива грунтов дна	Стратиграфическое расчленение. Определение глубин залегания прочных пород. Картирование тектонических нарушений. Выявление зон газосодержания, многолетнемерзлых пород	Непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСП). Высококачественная сейсморазведка
Оценка сейсмической опасности	Изучение характера распределения в плане и в разрезе скоростей распространения продольных и поперечных волн	Сейсмическая разведка с регистрацией волн различного типа с донными и придонными установками. Сейсмогеологические методы НСП. Ядерно-геофизические методы
Изучение состояния дна акватории	Микрорельеф. Выходы твердых пород. Техногенные следы, следы ледовой экзарации. Наличие посторонних предметов	Гидролокация бокового обзора. Многолучевое эхолотирование. Магниторазведка
Определение мест разгрузки подземных вод, газонасыщенных зон	—	Гидролокация бокового обзора НСП. Метод естественного электрического поля
Обнаружение мест активизации коррозионных процессов	—	Метод естественного электрического поля
Специальная	Картирование зон, недоступных по каким-либо причинам для НСП	Радиолокация (георадар). Электроразведка

Камеральная обработка материалов также имеет свои особенности. Зависимость изысканий от метеоусловий, сложность точной постановки оборудованная на место при проведении повторных ис-

следований приводят к тому, что значительный объем камеральных работ должен приходиться на текущую и предварительную обработку, в том числе в полевых условиях.

Далее рассмотрим особенности изысканий, выполняемых на разных стадиях проектирования. Объемы необходимых работ с учетом сложности инженерно-геологических условий и детальности изысканий приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Виды работ	Детальность изысканий и масштаб отчетных картографических материалов						
	1:200000	1:100000	1:50000	1:25000	1:10000	1:5000	1:2000
Непрерывное сейсмоакустическое профилирование при использовании высокочастотной сейсморазведки и эхолотирование по сети, км	10,0-2,0	5,0-1,0	1,0-0,25	0,5-0,125	0,2-0,05	0,1-0,025	0,05-0,02
Магнитометрия, расстояние между продольными профилями, км	—	—	—	—	0,15-0,05	0,1-0,025	0,5-0,01
Общее количество точек наблюдений на 1 км ² (скважины, пункты зондирования, геофизические станции и пикеты)	0,5-1,1	1,0-2,2	2-5	6-12	20-40	40-100	200-500
В том числе — минимальное количество точек опробования с помощью морских пробоотборников, инженерно-геологических скважин и станций испытаний грунтов в массиве	0,15-0,35	0,35-0,7	0,5-2,0	2,0-4,0	6-16	15-30	50-150

Примечания.

1. Сеть профилей может сгущаться или разрежаться в отдельных местах площади съемки в 1,5–2,0 раза, в зависимости от конкретных инженерно-геологических условий и типа проектируемого сооружения.

2. При выборе объема полевых работ (сети профилей или количества точек наблюдений) следует руководствоваться принципом «большая детальность при более высоких категориях сложности инженерно-геологических условий».

3.2. ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРЕДПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

При разработке предпроектной документации инженерно-геологические изыскания призваны обеспечить получение материалов и данных для:

- общей оценки инженерно-геологических условий площадок размещения ПБУ и стационарных платформ;
- выбора из альтернативных вариантов мест, наиболее благоприятных для размещения гидротехнических сооружений;
- обоснования предварительного расчета стационарных платформ;
- получения данных, требующихся при постановке на точку поисково-разведочного бурения плавучих буровых установок;
- определения категории сложности разработки донных грунтов указанными в техническом задании механизмами;
- обоснования состава и объемов работ при инженерно-геологических изысканиях на последующих стадиях проектирования морских нефтегазопромысловых гидротехнических сооружений;
- составления прогноза изменения инженерно-геологических условий в результате строительства и эксплуатации морских нефтегазопромысловых гидротехнических сооружений.

При изучении инженерно-геологических условий района предполагаемого размещения нефтегазопромысловых сооружений и инженерных коммуникаций инженерно-геологические изыскания следует выполнять в масштабах 1:25000, 1:50000 и (при наличии обоснования) 1:100000, 1:200000.

Для размещения ПБУ инженерно-геологическая съемка выполняется в масштабах 1:5000 – 1:10000 на площадке 5×5 км, для размещения СПБУ — на площадке 3×3 км.

Если положение сооружения ориентировочно определено, инженерно-геологические изыскания следует выполнять в масштабах 1:10000 – 1:25000 на площади не менее 1×1 км. При этом с целью выявления палеодолин следует закладывать два геофизических профиля длиной 2–3 км (через центр площадки, перпендикулярно и параллельно берегу).

Во избежание разведки мест, заведомо непригодных для размещения сооружений, буровые работы выполняются на площадках, выбранных по результатам предшествующих геофизических исследований. При наличии на территории большой мощности специфических грунтов (рыхлых песков, ракуши, торфов, илов, текучих и текучепластичных глинистых разностей), значительно превышающей мощность предполагаемой сжимаемой толщи, до 30% буровых

скважин следует проходить на полную мощность этих грунтов или до глубины, на которой они не оказывают влияния на устойчивость сооружений. Глубину остальных выработок рекомендуется назначить в соответствии с табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Тип сооружения	Глубина моря, м	Глубина инженерно-геологического бурения, м	
		Глинистые грунты от текучей до тугопластичной консистенции, рыхлые пески	Глинистые грунты твердой и полутвердой консистенции, пески плотные и средней плотности, многолетнемерзлые грунты
Стационарные платформы со свайным основанием*	Более 150	По согласованию с проектной организацией	
	От 60 до 150	90–120	50–80
	Менее 60	60–80	40–50
Стационарные платформы гравитационные	До 50	Не менее 0,7–1,0 ширины (диаметра) платформы	Не менее 0,5–0,7 ширины (диаметра) платформы
Насыпные (намывные) острова (дамбы)		Две высоты отсыпки (намыва)	Полторы высоты отсыпки (намыва)
СПБУ	То же	25–30	15–20
Морские эстакады	До 60	40–50	25–30

Примечание. Принимаемая глубина скважин должна не менее, чем на 15% превышать предполагаемую глубину забивки свай.

В пределах контура сооружения следует проходить не менее двух скважин. Одна из них будет использоваться для отбора проб, другая — для статического зондирования.

При изысканиях для этой стадии проектирования оценка сейсмической опасности территории, как правило, проводится на основании сбора и обобщения литературных и фондовых материалов изысканий прошлых лет, региональных инженерно-геологических исследований, карт общего сейсмического районирования шельфовых зон срединных и окраинных морей Российской Федерации (приложение к СНиП 11–7—81* «Строительство в сейсмических районах»).

3.3. ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТА

Изыскания для постановки на место *самоподъемной буровой установки (СПБУ)* выполняются для получения данных по рельефу морского дна и грунтам условиям для расчетов глубины вдавлив-

вания опор СПБУ в грунт, обеспечения ее безопасности в процессе бурения. В зависимости от сложности инженерно-геологических условий изыскания выполняются в масштабах 1:2000 – 1:10000 на площади не менее 1×1 км.

Изыскания для обоснования *строительства стационарных сооружений* (платформы гравитационного типа, платформы на свайном основании и др.) выполняются с детальностью 1:2000 – 1:5000.

Состав и методика изысканий зависят от типа проектируемых сооружений.

На площадках постановки платформ гравитационного типа должны быть получены данные, необходимые для расчетов:

- осадок и консолидации грунтового основания;
- сопротивления внедрению «юбки» (при необходимости);
- местных контактных напряжений (при необходимости);
- мероприятий для подготовки площадки к постановке платформ (выравнивание, укрепление грунтов);
- динамической устойчивости грунтов при ледовых, волновых и сейсмических нагрузках.

На площадках постановки платформ свайного типа должны быть получены данные, необходимые для определения:

- расчетного сопротивления донных грунтов до устройства свайного основания;
- вида и габаритов свай;
- допустимой расчетной нагрузки на сваю.

Площадь изысканий определяется величиной зоны взаимодействия сооружения с геологической средой (в плане) и увеличивается со всех сторон на 30–50 м. Если величина зоны неизвестна, границы площадки должны быть больше контура сооружения на 100 м с каждой стороны. Для стационарных платформ на свайном основании исследуемая площадка должна иметь размер не менее пяти диаметров основания. При этом скважины проходят ниже предполагаемой глубины погружения на 1/3–1/4 их длины.

Общее количество скважин, точек испытания грунтов в массиве и объемы геофизических исследований обосновываются в специальной программе работ.

Лабораторные работы в сочетании с полевыми методами исследования грунтов выполняются для получения нормативных и расчетных показателей физико-механических параметров всех инженерно-геологических элементов, выделенных в грунтовых массивах на участках строительства гидротехнических сооружений.

Следует отметить, что при проектировании сооружений в районах с сейсмичностью 6–9 баллов на стадии проекта предусматривается выполнение комплексных работ по оценке сейсмической опасности (сейсмическому микрорайонированию) с целью получения материалов для оценки инженерно-сейсмологических условий исследуемого участка и расчета параметров ожидаемых сейсмических воздействий в пределах выбранной площадки строительства.

3.4. ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Эти работы выполняются на конкретных участках размещения сооружений для детализации и уточнения материалов, полученных на предыдущих этапах изысканий. Обычно необходимость изысканий на этапе РД возникает в случаях:

- значительного изменения местоположения сооружения, существенно влияющего на его тип, основные параметры и стоимость;
- выполнения отдельных уточнений по замечаниям заказчика или экспертов;
- получения дополнительных данных, необходимых для уточнения проекта сооружения и проекта производства работ.

Состав и объемы изыскательских работ устанавливаются с учетом вида сооружений, уровня их ответственности, сложности инженерно-геологических условий, наличия данных ранее выполненных изысканий и необходимости уточнения условий залегания скальных и малосжимаемых грунтов, слабых грунтов, многолетнемерзлых пород, уточнения расчетных показателей свойств грунтов в пределах сферы взаимодействия с окружающей средой, количественных характеристик динамики геологических процессов, а также для решения отдельных вопросов, возникших при разработке, согласовании и утверждении проекта.

Основными видами изыскательских работ на данном этапе являются прямые методы исследования (бурение, пробоотбор, геотехнические исследования в скважинах), которые выполняются при необходимости уточнения отдельных характеристик в пределах сферы взаимодействия с окружающей средой.

Выполнение инженерно-геологических изысканий на всех этапах регламентируется сводами правил СП 11–105—97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства» (часть I–IV) и СП 11–114—2004 «Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений».

4. Инженерно-геологические изыскания при строительстве портов

По своему назначению гидротехнические сооружения портов могут быть разделены на следующие группы: причальные, оградительные, берегоукрепительные, судоремонтные и судостроительные.

К сожалению, нормативная база, регламентирующая инженерно-геологические изыскания для строительства портов, до сих пор не разработана. Однако задачи, стоящие перед изысканиями, и методы их решения мало отличаются от детально рассмотренных в предыдущем разделе работ на континентальном шельфе.

Особенности строительства, эксплуатации, а следовательно, и изысканий определяются самим местоположением портов. Обычно они сооружаются в бухтах, заливах или устьях рек, т.е. находятся в зоне взаимодействия моря и берега. Здесь определяющее значение приобретают процессы переработки берегов. Другой особенностью прибрежных зон является, как правило, высокая неоднородность грунтов основания, а также наличие мощных толщ рыхлых песков, илов, глинистых грунтов текучепластичной и текучей консистенции. Последнее особенно важно при строительстве не допускающих значительных деформаций сухих доков и эллингов.

Такие сооружения, как молы и волноломы, нередко возводятся на участках акваторий со значительными глубинами способом наброски в воду на подготовленное основание. Поэтому изучение рельефа дна и покрывающих его современных отложений становится важной частью исследований.

В результате инженерно-геологических изысканий должны быть детально освещены следующие вопросы:

- геоморфологические условия прибрежной полосы в подводной и надводной частях;
- влияние на формирование береговой зоны процессов абразии и аккумуляции (вынос материала реками, формирование наносов за счет размыва берегов и морского дна, перемещение наносов вдоль берега под действием течений и волнения и т.п.);
- геологическое строение и гидрогеологические условия в сфере взаимодействия проектируемого сооружения и геологической среды;
- новейшие тектонические движения, их направленность и интенсивность;
- современный состав, состояние и физико-механические характеристики грунтов;

- наличие и возможность развития опасных геологических процессов и явлений;
- прогноз взаимодействия проектируемых сооружений и природной среды.

Эти вопросы изучаются путем выполнения специальных инженерно-геологических съемок в масштабе 1:25000 – 1:50000 с привлечением всех имеющихся фондовых материалов. В процессе съемки непременно учитывают метеорологические и гидрологические данные (направление и силу преобладающих ветров, сроки формирования и толщину ледового покрова, морские течения, приливы и отливы и др.).

На акватории буровые работы и полевые исследования грунтов (зондирование, прессиометрия) выполняются со специально оборудованных судов и понтонов, иногда со льда. В таких сложных условиях широко используются дистанционные методы исследований, а именно геофизические. Цели и задачи, решаемые геофизическими методами, подробно представлены в разд. 3 (см. табл. 2).

5. Методы и технические средства инженерно-геологических изысканий

5.1. МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Состав и объем изысканий определяют три основных фактора: характер и особенности самого сооружения; инженерно-геологические условия территории; стадия проектирования.

Сооружения, как известно, характеризуются уровнем ответственности, высотой здания, типом фундамента, наличием подземной части и ее заглублением.

По уровню ответственности надземные, подземные и заглубленные сооружения бывают трех уровней: повышенного, нормального, пониженного.

К I (повышенному) уровню относятся следующие сооружения:

- резервуары для нефти и нефтепродуктов емкостью 1000 м³ и более;
- производственные здания с пролетами 100 м и более;
- сооружения связи, в том числе телевизионные башни высотой 100 м и более;
- крытые спортивные сооружения с трибунами;
- жилые здания повышенной этажности (24 этажа и более);
- здания крупных торговых центров, в том числе крытых рынков;

- здания учебных и детских дошкольных учреждений;
- здания больниц и родильных домов;
- здания зрелищных учреждений и учреждений культурно-массового назначения (кинотеатры, театры, цирки и пр.);
- головные сооружения теплоснабжения, энергоснабжения, водоснабжения и канализации, их подводящие и отводящие трубопроводы;
- 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;
- крупные подземные и прочие комплексы, размещаемые в центральной части города или центрах его административных округов;
- надземные и подземные комплексы различного назначения, в том числе гаражи, автостоянки, размещаемые в пределах красных линий городских магистралей;
- уникальные здания и сооружения;
- отдельно стоящие подземные сооружения различного назначения (в том числе гаражи-автостоянки), размещаемые внутри кварталов жилой застройки, с количеством этажей более 3-х.

Ко II (нормальному) уровню относятся следующие сооружения:

- здания и сооружения массового строительства (жилые, общественные, производственные, торговые здания, объекты коммунального назначения, складские помещения и пр.);
- уличные и внутриквартальные сети подземных коммуникаций различного назначения;
- 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;
- опоры освещения городских улиц и дорог;
- временные ограждения траншей и котлованов со сроком службы более 1 года, если их влияние не сказывается на зданиях и сооружениях более высокого уровня ответственности;
- 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.

К III (пониженному) уровню относятся следующие сооружения:

- 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 зданиях и сооружениях более высокого уровня ответственности.

По сложности инженерно-геологических условий при промышленно-гражданском строительстве территории подразделяются на три категории (I – простая, II – средней сложности, III – сложная). При этом категория конкретного участка определяется с учетом взаимодействия геоморфологических, геологических, гидрогеологических, геодинамических и др. факторов (табл. 5).

Гидроузлы обычно сооружаются в долинах рек, что определяет некоторые особенности установления категорий сложности инженерно-геологических условий участков долин рек, выбираемых для строительства гидроузлов (табл. 6).

Как известно, гидроаккумулирующие электростанции в силу своих конструктивных особенностей нуждаются в специфических природных условиях. Критерии оценки сложности этих условий приведены ниже в табл. 7.

Независимо от вида сооружения категории сложности инженерно-геологических условий устанавливают по совокупности факторов, указанных в табл. 5 – 7. 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.

Проектирование выполняется несколькими стадиями, и каждая стадия предполагает свои изыскания.

На стадии предпроектных проработок проводят составление различных схем (использование реки, водных ресурсов и т.п.), разработку концепций и программ развития регионов, разработку градостроительной документации (районная планировка, генплан поселения, детальная планировка) при обосновании инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений.

Изыскания на этом этапе должны обеспечить выбор оптимального варианта из нескольких вариантов размещения сооружений, а также доказательства технической возможности и экономической целесообразности строительства в этом районе.

Т а б л и ц а 5

Факторы	Категории сложности		
	I (простая)	II (средней сложности)	III (сложная)
1	2	3	4
Геоморфологические	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 зданий 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 зданий 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 и содержащих загрязнение	Горизонты подземных вод не выдержаны по простиранию и мощности, с неоднородным химическим составом или разнообразным загрязнением. Местами сложное чередование водоносных и водопорных пород. Напоры подземных вод и их гидравлическая связь изменяются по простиранию

Окончание табл. 5

1	2	3	4
<p>Геологические и инженерно-геологические процессы, отрицательно влияющие на условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений</p>	<p>Отсутствуют</p>	<p>Имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов</p>	<p>Имеют широкое распространение и (или) оказывают решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов</p>
<p>Воздействие специфических грунтов в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой</p>	<p>Отсутствуют</p>	<p>Имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов</p>	<p>Имеют широкое распространение и (или) оказывают решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов</p>
<p>Техногенные воздействия и изменения освоенных территорий</p>	<p>Незначительные и могут не учитываться при инженерно-геологических изысканиях и проектировании</p>	<p>Не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений и проведение инженерно-геологических изысканий</p>	<p>Оказывают существенное влияние на выбор проектных решений и осложняют производство инженерно-геологических изысканий в части увеличения их состава и объемов работ</p>

Т а б л и ц а 6

Факторы, определяющие сложность	Категория сложности		
	I (простая)	II (средняя)	III (сложная)
Рельеф и геоморфология	Пологие и ровные борта долины (крутизна менее 20 град.), наличие поймы, одно русло реки	Борта долины средней крутизны (20–30 град.), слабо расчлененные наличие 2–3 террас, наличие провалов, наряду с основным руслом	Крутые склоны долины (более 30 град.) с выступами или расчлененные оврагами, наличие нескольких террас, много провалов, пороги или резкие сужения долины
Геология и тектоника в области взаимодействия сооружений с геологической средой	Берега и дно долины слагают породы одного состава. Скальные породы залегают с поверхности или перекрыты маломощным слоем четвертичных отложений до 10 м. Коренные породы по инженерно-геологическим свойствам однородны по глубине и в плане. Зоны тектонического дробления отсутствуют, слоистость и трещиноватость выражены слабо	В бортах и дне долины залегают две–три разновидности коренных пород, существенно различающиеся по составу и свойствам. Четвертичные отложения местами имеют мощность до 20 м и разнообразны по составу. Кровля коренных пород неровная. В толще пород имеются редкие разрывные и складчатые дислокации. Зоны дробления имеют мощность до 2 м	Долина врезана в толщу интенсивно дислоцированных пород разного состава и возраста. Кровля коренных пород очень неровная. Четвертичные отложения имеют мощность местами более 20 м, разнообразны по составу и генезису. Зоны тектонического дробления имеют мощность более 2 м
Гидрогеологические (в области взаимодействия сооружений с геологической средой)	Имеется единый выдержанный горизонт подземных вод с однородным химическим составом	Два и более водоносных горизонтов подземных вод местами с неоднородным химическим составом или обладающих напором	Горизонты подземных вод не выдержаны по простиранию и по мощности, с неоднородным химическим составом. Местами сложное чередование водоносных и водоупорных пород. Напоры подземных вод по простиранию изменяются
Геологические процессы в естественных условиях	Не имеют существенного значения для сохранности сооружений и окружающей среды	Имеют ограниченное развитие, требуют некоторых мероприятий для защиты сооружений и окружающей среды	Широко развиты, необходимы мероприятия для предохранения сооружений и окружающей среды от вредного воздействия
Сейсмичность района (фонная балльность для средних условий)	Менее 6 баллов	6–7 баллов	8 баллов и более
Мерзлотные условия	Многолетняя мерзлота отсутствует	Многолетняя мерзлота имеет островное распространение, местами образование перелегков	Многолетняя мерзлота распространена повсеместно, на всю глубину области взаимодействия сооружений с геологической средой, встречаются тапки

Т а б л и ц а 7

Факторы, определяющие сложность	Категория сложности		
	I (средняя)	II (сложная)	III (очень сложная)
1	2	3	4
Рельеф и геоморфология	Берега долин равнинных рек: склоны высотой до 60 м и крутизной 12–15 град., борта древних долин с глубокими врезами расположены на расстоянии более 2 км от подножья склона. Долины горных рек. Борта высотой до 250 м, крутые скалистые, склоновые процессы развиты слабо	Берега долин равнинных рек: склоны высотой до 120 м и максимальной крутизной 20–25 град., борта древних погрёбных долин с глубокими врезами расположены на расстоянии менее 500 м. Долины горных рек: борта высотой более 400 м террасированные, буристые. Склоновые процессы несут затухающий характер	Высокие оползневые склоны берегов равнинных и горных рек, границы древних переуглубленных долин проходят у подножья склонов. Склоновые процессы развиты активно
Геологическое строение и тектоника в области взаимодействия сооружений с массивом горных пород	Относительно однородный комплекс терригенных песчаных и глинистых пород, структуры простые (слоистые, выдержанные по профиранию). Массивные изверженные и слаботрещиноватые скальные массивы иного генезиса	Неоднородные слоистые толщи терригенных рыхлых или скальных пород трещиноватые. Структуры осложнены тектоническими нарушениями небольшой мощности (5–7 м). Карбонатные породы, не затронутые карстом или слабо закарстованные	Крайне неоднородные комплексы рыхлых и скальных пород изменчивого состава и свойств, сложно-дислоцированные массивы рыхлых пород, блоково-разломный характер структуры и высокая степень трещиноватости скальных массивов; закарстованные карбонатные породы

Продолжение табл. 7

<p>Неблагоприятные экзогенные процессы</p>	<p>Слабая эрозия и плоскостной сыв, устойчивые или небольшие оползни с по-верхностью смещения выше дна современной долины объемом до 100 м³. Мощ-ность зоны выветривания не превышает 5 м</p>	<p>Стабилизировавшиеся древние и современные малоактивные оползни, обвально-осыпные, эрозионные и суффозионно-карстовые процессы, проса-дочные явления. Мощность зоны выветривания 10–15 м</p>	<p>Широкое развитие обвально-осыпных процессов; сложное сочетание оползней, в том числе оползни с поверхно-стью смещения ниже поверх-менного дна долины; интен-сивное выветривание корен-ных пород и карстово-суффозионные процессы. По-вышенная сейсмическая ак-тивность района. Мощность зоны выветривания более 20 м</p>
<p>Гидрогеологические условия в области взаи-модействия сооружений</p>	<p>Выдержанные водоносные горизонты в основании склона безнапорные или напорные. Слабоводопрони-цаемые породы</p>	<p>Сложное сочетание водонос-ных и водоупорных пород, высоконапорные воды в осно-вании склона в слабоводопроницаемых породах</p>	<p>Сложное сочетание водонос-ных и водоупорных пород, обусловленное особенностями геологической структуры, определяющими труднопро-гнозируемые связи между горизонтами и их влияние на устойчивость склона. Сильно и очень сильно водопроница-емые породы, требующие предварительных мероприя-тий против фильтрации, нали-чие вечной мерзлоты</p>

На стадии проекта проводят комплексное изучение инженерно-геологических условий выбранного района с прогнозом возможного изменения в ходе строительства и эксплуатации. При этом рассматривается вся территория строительства и зона его влияния.

Задачей изысканий является получение данных для компоновки зданий и сооружений, предварительных расчетов оснований, выбора типа фундаментов, разработки мероприятий инженерной защиты и т.п.

Изыскания на стадии рабочей документации сосредотачиваются в пределах каждого конкретного сооружения, должны обеспечить проведение окончательных расчетов сооружений, разработку проектов производства строительных работ, снятие вопросов, возникших в ходе проектирования.

Изыскания на стадии строительства должны проверить соответствие фактических и принятых при проектировании инженерно-геологических условий. Фактические оцениваются по данным инженерно-геологической документации строительных выемок (котлованы, туннели и т.п.). На основе фактических данных возможна корректировка прогноза развития инженерно-геологических процессов.

При строительстве земляных сооружений из насыпных или намывных грунтов ведется геотехнический контроль качества грунтов (плотность, влажность, гранулометрический состав).

Для обеспечения нормального функционирования зданий и сооружений инженерно-геологические изыскания могут выполняться в процессе их эксплуатации. При этом обследуются грунты оснований фундаментов этих зданий и сооружений и проводятся стационарные наблюдения за деформациями грунтов, режимом подземных вод, а также за неблагоприятными для объекта геологическими и инженерно-геологическими процессами.

Изыскания выполняются юридическими лицами, обладающими лицензией на их производство.

Заказчик заключает с таким исполнителем контракт (договор) на выполнение работ. Неотъемлемой частью контракта является техническое задание. Оно составляется совместно заказчиком и проектировщиком и предоставляется исполнителю. Задание должно содержать полную характеристику проектируемого объекта, а также перечень проблем, наиболее интересующих проектировщика. Заказчик также передает исполнителю все имеющиеся архивные материалы и данные по ранее построенным в этом районе сооружениям и их эксплуатации. На этой основе составляется программа изысканий, определяющая виды и объемы инженерно-геологических работ.

Программа является внутренним документом исполнителя, но может быть предоставлена заказчику по его требованию. Составляется также смета и календарный план работ, утверждаемые заказчиком. После получения от него комплекта исходно-разрешительной документации исполнитель в установленном порядке регистрирует изыскания (получает разрешение), оформляет ордер и приступает к изысканиям.

Задачей изысканий является комплексное изучение инженерно-геологических условий района проектируемого строительства:

- состав горных пород, слагающих район (литология, петрография);
- возраст пород (стратиграфия) и их генетические типы;
- физико-механические характеристики пород;
- условия залегания горных пород (тектонические условия);
- подземные воды, их режим, химический состав (гидрогеология);
- инженерно-геологические процессы, протекающие в районе строительства;
- прогноз возможных изменений свойств грунтов и вероятности развития неблагоприятных физико-геологических процессов во время строительства и эксплуатации сооружений.

Для реализации стоящих перед изыскателями задач используются различные виды работ и комплексных исследований:

- сбор и обработка материалов изысканий и исследований прошлых лет;
- рекогносцировочное обследование территории;
- инженерно-геологическая съемка;
- геофизические исследования;
- горнопроходческие работы;
- полевые исследования грунтов;
- лабораторные исследования грунтов;
- гидрогеологические исследования;
- стационарные наблюдения;
- обследование грунтов оснований существующих зданий и сооружений;
- прогноз изменения инженерно-геологических условий;
- оценка геологических опасностей и рисков;
- камеральная обработка материалов и составление отчета.

5.2. ВИДЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

5.2.1. Сбор и обработка материалов изысканий и исследований прошлых лет

Сбор и обработка архивных, фондовых и литературных данных является составной частью и первым этапом любых изысканий. При этом должны быть проанализированы и обобщены все имеющиеся сведения о климате, гидрографической сети, рельефе, геоморфологических особенностях, геологическом строении и гидрогеологических условиях, геологических и инженерно-геологических процессах, свойствах грунтов, данные о деформациях существующих сооружений и т.п.

Собранные материалы позволяют сформировать общее представление об инженерно-геологических условиях исследуемой территории, установить категорию сложности этих условий, оценить состав, объемы и методику предстоящих изыскательских работ, требования по технике безопасности и охране окружающей среды. В ряде случаев анализ данных разных лет позволяет выявить динамику тех или иных процессов, развитых на участке проектируемого строительства.

При значительных размерах исследуемой территории целесообразно проводить предварительное дешифрирование имеющихся аэро- и космоснимков.

Все перечисленные материалы служат основой планирования инженерно-геологических изысканий и уточняются в ходе рекогносцировочного обследования.

5.2.2. Рекогносцировочное обследование

Как было сказано выше, инженерно-геологическая рекогносцировка района работ выполняется после анализа всех собранных архивных и фондовых материалов с уточнением этих данных путем обследования территории.

При обследовании обычно проводятся: осмотр участка изысканий; визуальная оценка рельефа; описание имеющихся обнажений, включая карьеры и строительные выработки; описание водопроявлений и внешних признаков неблагоприятных геодинамических процессов; установление в результате опроса населения случаев проявления опасных процессов и т.д. Все эти работы выполняются при маршрутных наблюдениях. Направление маршрутов выбирается с учетом предварительного дешифрирования аэро- и космоснимков. При отсутствии или недостатке естественных обнажений допускается

проходка отдельных горных выработок с опробованием грунтов и подземных вод.

В рекогносцировке принимают участие конструктор и геолог иногда с привлечением геодезиста и гидролога. По результатам обследования выбираются места возможного расположения проектируемых сооружений, планируются дальнейшие изыскания.

5.2.3. Инженерно-геологическая съемка

Инженерно-геологическая съемка опережает остальные виды изыскательских работ и представляет собой комплекс полевых, лабораторных исследований и камеральной обработки.

Съемка включает в себя наземные (маршрутные) и аэровизуальные наблюдения, а также некоторый объем горных и буровых работ, отбор проб, лабораторные исследования, полевые опытные опробования грунтов, гидрогеологические и геофизические работы.

Основной целью съемки является изучение инженерно-геологических условий района предполагаемого строительства, т.е. геологического и геоморфологического строения, гидрогеологических особенностей, современного состояния и свойств грунтов, геологических и инженерно-геологических процессов.

Состав и объемы исследований, выполняемых в процессе съемки, а следовательно, и детальность самой съемки, определяются сложностью инженерно-геологических условий территории, ее изученностью и стадией изысканий. Так, при изысканиях для гидроэнергетического строительства на стадии разработки схемы комплексного использования реки в зависимости от сложности инженерно-геологических условий съемка долины реки выполняется в масштабах 1:50000 – 1:100000. В районах возможного размещения гидроузлов детальность съемки возрастает (М 1:5000–1:50000). При этом ограниченный объем опробования грунтов, горно-буровых и других работ сосредоточивается на ключевых (характерных) участках территории.

На стадии ТЭО при изучении конкурирующих створов гидроузлов масштаб съемки с учетом сложности инженерно-геологической ситуации составляет 1:5000–1:25000 и выполняется для всех сооружений гидроузла. По территории проектируемого водохранилища съемка выполняется в масштабе 1:25000–1:200000, а на ключевых участках в особо сложных условиях может возрастать до 1:5000–1:10000.

При обосновании проекта на участке напорно-станционного узла (НСУ) инженерно-геологическая съемка выполняется обычно для уточнения существующей карты или расширения ее площади, что

бывает связано с проектными решениями или вновь выявленными особенностями строения территории.

По трассам деривационных каналов и туннелей съемка выполняется в масштабах 1:2000 – 1:10000 и сопровождается всеми видами изыскательских работ. На более поздних стадиях съемочные работы не проводятся.

В сущности, на всех этапах изысканий при инженерно-геологических съемках выполняются одни и те же виды работ. Однако соотношение между используемыми методами, а также их объемы значительно изменяются. С повышением стадийности возрастает роль количественных оценок и их точность. Снижается значение визуальных наблюдений и растет доля горно-буровых, опытных и других специальных методов исследований.

Основным итогом съемки является инженерно-геологическая карта соответствующего масштаба, разрезы и пояснительная записка. От геологической такая карта отличается тем, что, кроме состава, возраста и условий залегания пород, на нее наносятся сведения о рельефе, гидрогеологических условиях, физико-механических свойствах пород, физико-геологических процессах и явлениях. Отражение получают все главные природные факторы, определяющие инженерно-геологические условия и влияющие на проектирование, строительство и эксплуатацию сооружений.

5.2.4. Геофизические исследования

Геофизические методы исследований широко используются на всех стадиях инженерно-геологических изысканий как для гидротехнического, так и для промышленно-гражданского строительства. Они позволяют оценить литологический состав толщи рыхлых четвертичных отложений, установить глубину залегания и картировать кровлю скальных пород под четвертичным покровом, оценить физико-механические характеристики пород, определить степень неоднородности массива, условия залегания и режим подземных вод. Важным моментом является также возможность выявления и прослеживания тектонических нарушений, зон повышенной трещиноватости, переуглублений в руслах рек, мощности кор выветривания, различных геодинамических процессов и т.д.

Учитывая значительную площадь или протяженность гидротехнических и промышленных сооружений, к очевидным достоинствам геофизических методов следует отнести:

- изучение большого объема породы, иногда сопоставимого с размером сооружения;
- возможность непрерывного прослеживания геологических границ в массиве;

- способность в большинстве случаев не разрушать геологическую среду;
- возможность повторного выполнения с необходимой периодичностью, что важно при мониторинге состояния массива или физико-геологических процессов;
- возможность в ряде случаев сокращения объемов горно-буровых работ.

Однако геофизические методы не рассматривают напрямую представляющие для разработчиков проекта интерес параметры, а изучают те или иные вызванные строительством сооружений или существующие физические поля, т.е. относятся к косвенным методам. Поэтому обязательным условием является их тесная увязка с геологическими горно-буровыми, лабораторными и опытными работами. Это позволяет выполнить параметрические измерения, сопоставить результаты геофизических наблюдений с данными прямых геологических исследований и впоследствии распространить эти точечные характеристики на весь массив пород или его часть.

По изучаемым физическим полям и их природе геофизические методы подразделяются на:

- сейсмоакустические (сейсморазведка);
- электромагнитные (электроразведка);
- ядерно-физические;
- газово-эманационные;
- магнитометрические;
- гравиметрические;
- термометрические.

Три последних метода используются в инженерной геологии сравнительно редко и не будут рассматриваться в данном разделе.

Эффективность применения того или иного геофизического метода в значительной степени зависит от дифференцированности геологического разреза по физическим параметрам (плотность, влажность, электрическое сопротивление, скорость распространения упругих волн и пр.). Надо отчетливо представлять, что метод, эффективный в одних геологических условиях, может оказаться совершенно бесполезным в других. В сложных случаях нередко используют комплексирование геофизических методов. Дополняя друг друга они позволяют достигнуть более однозначной геологической интерпретации полученных результатов.

Задачи и сущность геофизических методов и их модификаций, наиболее эффективных и часто используемых при изысканиях, приведены в табл. 8.

Таблица 8

Метод	Вид	Расположение приемника и источника возбуждения физического поля по отношению к поверхности земли		Схема наблюдений ▼ — источник ● — приемник	Основной параметр, получаемый при интерпретации и его распространение	Основные решаемые задачи
		приемник	источник			
I. Сейсморазведка	1. Сейсмомозондирование (СЗ)	На поверхности	На поверхности		V_p по глубине	Установление глубины залегания коренных пород, мощности талых пород в мерзлоте, УТВ зон выветривания
	2. Вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП)	На глубине	То же		То же	То же, в том числе расчленение верхней части разреза с выделением слабых прослоек

Продолжение табл. 8

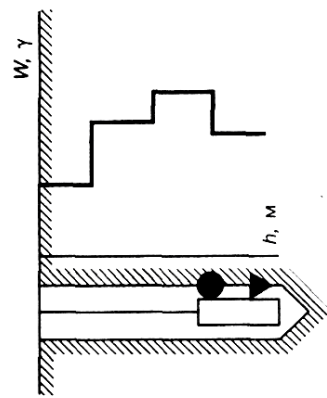
<p>3. Ультразвуковая разведка каротаж (УЗК)</p>	<p>То же</p>		<p>Оценка зон выветривания, тектонических нарушений, детального изучения упругих и физико-механических свойств</p>
<p>4. Сейсмическое просвещение</p>	<p>На глубине</p>		<p>Детальное изучение разреза, выявление анизотропии скоростей</p>
<p>»</p>	<p>»</p>	<p>»</p>	<p>»</p>

Продолжение табл. 8

Метод	Вид	Расположение приемника и источника возбуждения физического поля по отношению к поверхности земли		Схема наблюдений ▲ — источник ● — приемник	Основной параметр при интерпретации, и его распространение	Основные решаемые задачи
		На поверхности земли	На поверхности			
II. Электроразведка	1. Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ)	На поверхности	На поверхности		ρ_k по глубине	Детальное литологическое расчленение верхней части разреза, определение рельефа коренных пород, выявление карстовых зон и ветрелых пород, УТВ
	2. Электропрофилирование	То же	То же		ρ_k вдоль профиля на постоянной глубине	Выявление и трассирование тектонических нарушений, карманов выветривания, карстовых полостей и мощности интрузивных тел

Продолжение табл. 8

3. Электрокартаж (ЭК)	На глубине	На глубине		ρ _к по глубине	Определение положения водопроницаемых и водоупорных пластов, УГВ, направления и скорости движения подземных вод
III. Радиозотопные методы съемки	То же	То же		I, интенсивность распада эманиаций вдоль профиля	Выделение зон живущих грави-стационарных смещений (оползни, разломы, деформации и др.)

Метод	Вид	Расположение приемника и источника возбуждения физического поля по отношению к поверхности земли		Схема наблюдений ▼ — источник ● — приемник	Основной параметр, получаемый при интерпретации, и его распространение	Основные решаемые задачи
		приемник	источник			
	2. Радиометрический каротаж (РДК)	На глубине	* 	w, γ — объемная влажность; ρ_w — плотность грунта по глубине	Определение плотности, влажности и степени водонасыщения грунтов	

6. Буровые работы и технические средства, применяемые при проведении буровых работ

6.1. БУРОВЫЕ РАБОТЫ

Буровые работы являются составной частью инженерно-геологических изысканий и выполняются с целью:

- установления или уточнения геологического разреза, включая условия залегания грунтов;
- определения глубины и условий залегания подземных вод;
- отбора образцов грунтов для определения их состава, состояния и свойств;
- отбора проб подземных вод для выполнения их химического анализа;
- проведения полевых исследований свойств грунтов в условиях естественного залегания;
- определения гидрогеологических параметров водоносных горизонтов и зоны аэрации;
- производства геофизических исследований;
- выполнения стационарных наблюдений (локального мониторинга компонентов геологической среды);
- выявления и определения области развития геологических и инженерно-геологических процессов.

В процессе бурения формируется буровая скважина, представляющая собой горную выработку круглого сечения диаметром обычно не более 400 мм и глубиной от нескольких метров до нескольких сотен метров. Различают начало скважины (устье), дно (забой) и ствол. Скважины проходят с поверхности земли или из подземных горных выработок под любым углом к горизонту. Бурение осуществляется путем разрушения горных пород на забое скважины и удаления выбуренных пород с помощью промывочной жидкости, газа или механических устройств.

По характеру воздействия породоразрушающего инструмента на забой скважины, *способы бурения*, применяемые при инженерно-геологических изысканиях в строительстве, подразделяются на *вращательные и ударные* (табл. 9).

К *вращательному* бурению относятся: *колонковое и шнековое*.

Способ бурения	Разновидность способа бурения	Диаметр бурения (по диаметру обсадных труб), мм	Виды и характеристики грунтов
Колонковый	С промывкой водой	34–146	Скальные неветрелые (монокристаллические) 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 (монокристаллические) и слабоветрелые (трещиноватые), необводненные, а также в мерзлом состоянии; дисперсные, твердомерзлые и пластичномерзлые
	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 пластичномерзлые
Ударно-канатный кольцевым забоем	Забивной	108–325	Песчаные и глинистые необводненные и слабообводненные, пластичномерзлые
	Клюющий	89–168	Глинистые слабообводненные
Ударно-канатный сплошным забоем	С применением долот и желонки	127–325	Крупнообломочные; песчаные и глинистые необводненные 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.

Наиболее распространенным видом бурения является *колонковое*. Оно обеспечивает достаточно высокую производительность в сочетании с возможностью детального изучения состава и состояния пород. Скважины могут быть вертикальными наклонными и восстающими. При колонковом бурении разрушение породы на забое производится не по всей площади, а по кольцу с сохранением внутренней части в виде керна. Выбуренный керн входит в колонковую трубу (часть бурового снаряда) и по мере углубления скважины заполняет ее. После образования керна достаточной длины его заклинивают, отрывают от забоя и поднимают на поверхность вместе с буровым снарядом.

Буровой снаряд состоит из: породоразрушающего наконечника – буровой коронки; колонковой трубы, служащей для размещения выбуриваемой породы – керна; шламовой трубы для сбора продуктов разрушения породы – шлама; переходника и колонны бурильных труб (рис. 1). При колонковом бурении обычно используются твердосплавные или алмазные буровые коронки. Последние обеспечивают высокую скорость проходки в крепких и слаботрещиноватых породах. Для обеспечения высокого процента выхода керна в сильнотрещиноватых, слабоустойчивых породах часто используют двойную колонковую трубу с вращающейся или не вращающейся внутренней трубой, предохраняющей керн от механического истирания (рис. 2, 3).

Буровые коронки испытывают значительные механические и тепловые нагрузки. Для охлаждения инструмента, удаления шлама и облегчения процесса бурения работы ведутся с промывкой водой. Вода через буровые и колонковую трубы под давлением подается на забой скважины. Охлаждая коронку, она свободно поднимается по стволу скважины, вынося на поверхность шлам. Однако в зависимости от решаемых задач, состава пород, обводнения и т.п. возможно бурение без промывки (всухую), с призабойной циркуляцией, с продувкой воздухом, в отдельных случаях с использованием глинистого или солевого раствора.

Шнековое бурение имеет ограниченное применение при инженерно-геологических изысканиях в связи со значительным нарушением структуры извлекаемых из скважины пород и недостаточной точностью фиксации контакта между слоями грунтов (0,50–0,75 м и более). Буровой снаряд состоит из породоразрушающего наконечника — долота и шнека, представляющего собой бурильную трубу с наваренной по спирали ребордой.

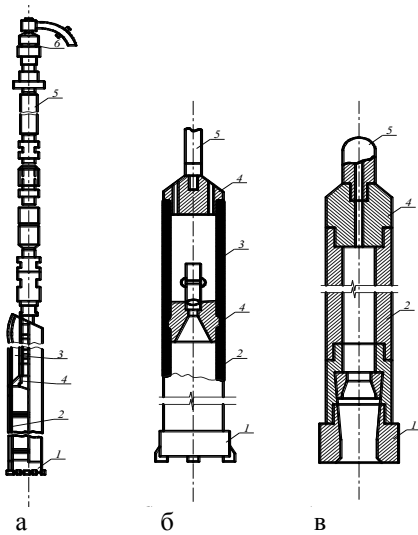


Рис. 1. Колонковые снаряды:
 а – для бурения армированной коронки с промывкой; б – для бурения твердосплавной коронкой без промывки; в – для бурения алмазной коронкой; 1 – коронки; 2 – колонковые трубы; 3 – шламовые трубы; 4 – переходники; 5 – бурильные трубы; 6 – буровой сальник с патрубком

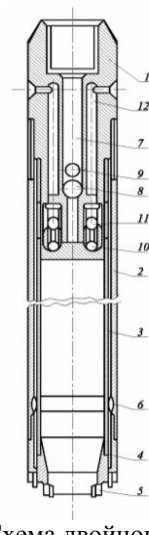


Рис. 2. Схема двойного колонкового снаряда с вращающейся внутренней трубой:

- 1 – переходник; 2 – наружная труба; 3 – внутренняя труба; 4, 5 – коронки;
- 6 – направляющее кольцо;
- 7 – осевой канал; 8, 11 – шаровые клапаны; 9 – боковые каналы;
- 10 – седло; 12 – дренажные каналы

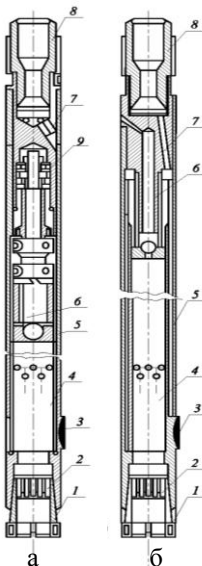


Рис. 3. Двойные колонковые трубы для алмазного бурения:

- а – с невращающейся внутренней трубой; б – с вращающейся;
- 1 – алмазная коронка; 2 – кернорватель; 3 – алмазный расширитель;
- 4 – внутренняя керноприемная трубка; 5 – наружная колонковая труба;
- 6 – канал для отвода жидкости из керноприемной трубы; 7 – канал для входа промывочной жидкости;
- 8 – переходник; 9 – подвесное устройство

Выделяются *поточный* и *рейсовый* способы шнекового бурения. При поточном способе выбуриваемая, перематая порода без остановки бурения выносится на дневную поверхность шнеками, представляющими собой единый винтовой транспортер. При рейсовом способе бурение осуществляется так же, как и при поточном, но шнек после каждого рейса извлекается из скважины для осмотра, описания и отбора образцов пород, лежащих на спирали шнека. Возможно также рейсовое бурение кольцевым забоем с использованием специальных колонковых или магазинных шнеков, в которых и извлекается порода. Однако и в этом случае происходит искажение структуры и свойств грунтов.

К *ударному бурению* относятся: *ударно-канатное* и *вибрационное*.

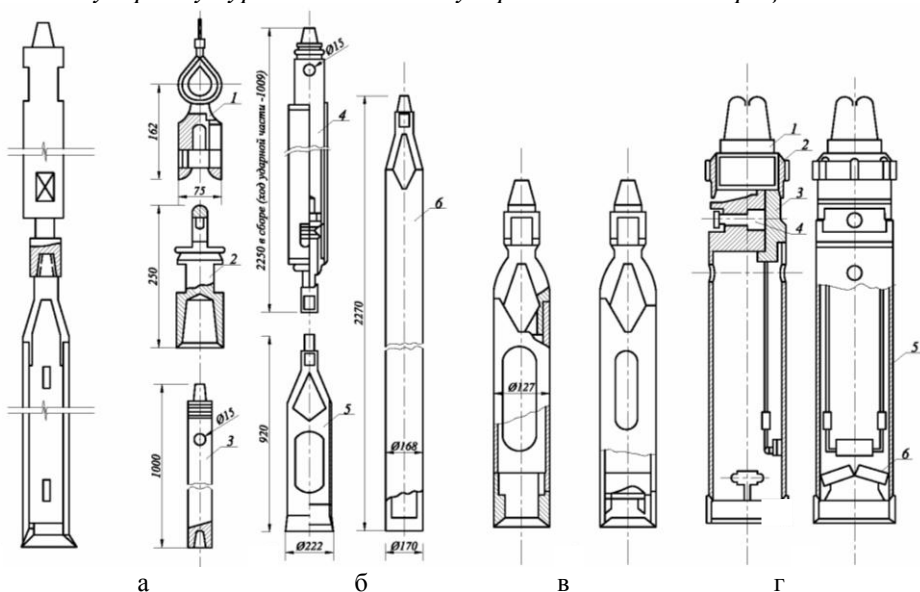


Рис. 4. Инструмент для ударно-канатного бурения:

а – общая схема; б – набор инструментов (1 – быстросъемный замок; 2 – переходник; 3 – утяжеленная штанга; 4 – ударный патрон; 5 – стакан; 6 – желонка); в – забивные стаканы; г – разъемные стаканы (1 – переходник; 2 – быстросъемный замок; 3 – утяжелитель; 4 – ударный патрон; 5 – керноприемная труба; 6 – разъемный клапан)

Ударно-канатное бурение широко распространено в инженерно-геологической практике при проходке песчаных и глинистых пород как необходимых, так и водонасыщенных. Выделяется бурение *кольцевым* и *сплошным* забоем. Разрушение породы на забое производится повторными ударами бурового наконечника (часть бурового снаряда), подвешенного на тросе. Буровой снаряд состоит из: наконечника (забивной стакан с клапаном или без клапана, желонка, долото); ударной штанги; ударного патрона и троса, закрепленного на лебедке (рис. 4).

Бурение кольцевым забоем выполняется забивным и «клюющим» способами. В первом случае забивной стакан располагается на забое скважины, а ударная нагрузка передается на него с помощью устроенного особым образом ударного патрона. После заполнения стакана буровой снаряд с помощью лебедки извлекается из скважины. При бурении «клюющим» способом буровой снаряд с утяжелителем сбрасывается на забой с некоторой высоты и за счет силы удара погружается в грунт, частично наполняется и извлекается. Оба способа обеспечивают получение достаточно сохранного керна.

Бурение сплошным забоем осуществляют с использованием в качестве наконечника желонки или долота с нанесением ударов непосредственно по забою и удержанием инструмента на канате. Желонка предназначена для проходки рыхлых водонасыщенных пород, а долото — для крупнообломочных и полускальных. Извлекаемая при бурении порода имеет нарушенную структуру.

Вибрационное бурение является наиболее производительным способом, но применимо только в связных и рыхлых породах. При этом эффективная глубина проходки скважин составляет 15–20 м, а диаметр не более 168 мм. Буровой снаряд для этого вида бурения

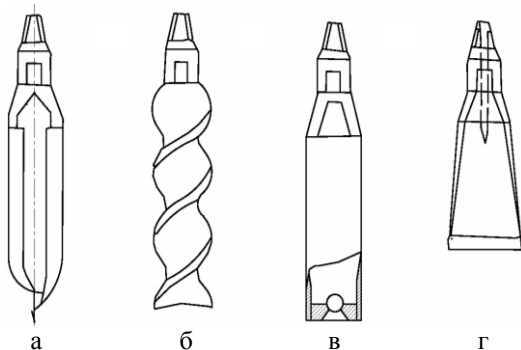


Рис. 5. Инструмент ручного ударно-вращательного бурения: а – буровая ложка; б – змеевик; в – желонка; г – долото

состоит из вибронзда и колонны бурильных труб. Метод основан на использовании вибрационной или ударно-вибрационной машины, прикрепленной к верхнему концу бурильных труб. Создаваемые ею направленные механические колебания большой частоты через бурильные трубы передаются вибронзду, погружая

его в грунт. Порода извлекается из скважины вибронздом в относительно малонарушенном состоянии, зонд похож на колонковую трубу, но имеет продольную прорезь для осмотра и описания пород.

Все рассмотренные выше способы бурения предполагают использование мощных станков, оборудованных, как правило, на базе самоходной колесной или гусеничной техники, что не всегда удобно. Для работы в стесненных условиях (в подвалах зданий, на крутых склонах, в залесенной или заболоченной местности) применяется ручное бурение и малогабаритные переносные буровые станки.

В *ручном варианте* для ударного бурения используются желонки, забивные стаканы и долота, для вращательного бурения — бурь-ложки и змеевики (рис. 5). Основным недостатком ручного бурения является его малая производительность и высокая трудоемкость.

Переносные буровые станки позволяют выполнять колонковое и шнековое бурение. Однако за малые габариты и мобильность приходится платить резким снижением мощности. Реальная глубина проходки скважин не превышает 10–15 м, а бурение диаметром свыше 93 мм становится малоэффективным.

При бурении инженерно-геологических скважин постоянно возникает необходимость отбора проб грунтов ненарушенной структуры для определения в лабораторных условиях их физико-механических свойств. При всех видах бурения пробы ненарушенной структуры (монолиты) отбираются из скважин с помощью специальных устройств — грунтоносов.

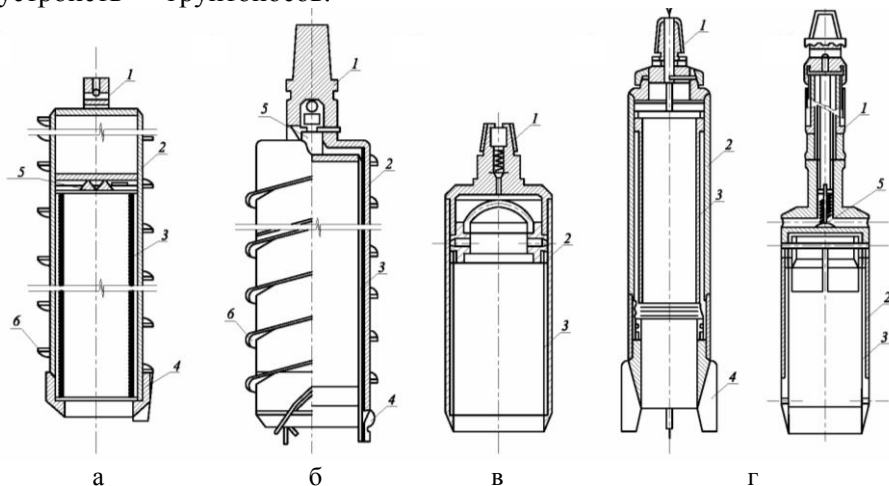


Рис. 6. Грунтоносы: а, б – обуривающие; в, г – вдавливаемые; д – забивной грунтонос конструкции Гидропроекта; 1 – переходник; 2 – наружная труба; 3 – внутренняя керноприемная труба; 4 – коронка; 5 – клапан; 6 – шнековые лопасти

По способу погружения в породу грунтоносы подразделяются на обуривающие, вибрационные, забивные и вдавливаемые (рис. 6). В слабосвязных грунтах монолиты отбираются грунтоносами с запорными устройствами, перекрывающими входное отверстие грунтоноса после его заполнения. В связных грунтах используются беззапорные грунтоносы, в которых монолит удерживается за счет сил трения и вакуума, создаваемого в верхней части с помощью различных клапанов. В особых случаях практикуется проходка скважины

или ее отдельных интервалов грунтоносом со сплошным отбором монолитов. Это существенно замедляет и удорожает работу, но иногда бывает необходимо.

При всех видах бурения для предотвращения обвала пород или изоляции водоносных горизонтов ствол скважины закрепляется обсадными трубами на резьбовых соединениях. При ударно-канатном бурении обсадка скважины при необходимости может осуществляться одновременно с бурением, а иногда даже опережает забой. При других видах бурения выполняется обсадка пройденного интервала, далее скважина углубляется буровым снарядом меньшего диаметра, вновь обсаживается и т.д.

Выбор того или иного способа бурения осуществляется при составлении программы работ и определяется типом проходимых грунтов и характером геологического разреза с учетом уровня ответственности проектируемого сооружения.

При изысканиях под сооружения I-II классов ответственности применяются наиболее информативные способы бурения, обеспечивающие получение максимально сохранного керна. Таковыми являются: в крепких и твердых грунтах — колонковый с промывкой и продувкой; в грунтах средней твердости и мягких — колонковый «всухую», вибрационный, ударно-канатный кольцевым забоем. При проходке грунтов, не обеспечивающих устойчивость стенок скважин, допускается ударно-канатное бурение сплошным забоем с одновременной или опережающей обсадкой трубами.

Шнековый (поточный и рейсовый) способ бурения применяется:

- для проходки разведочных скважин — в разрезах, представленных однородными и закономерно изменяющимися песками при изысканиях под сооружения III класса ответственности;
- для проходки специальных скважин в непосредственной близости от пройденных ранее разведочных скважин;
- для отбора проб грунтов на определение коррозионной активности лабораторными методами;
- для проходки верхнего сезонно-мерзлого слоя грунта при забурке скважин.

Во всех случаях способы бурения подбираются для конкретных инженерно-геологических условий. Например, в районах развития карста в качестве основного способа бурения следует принимать колонковый — буровыми установками со свободной подачей инструмента. Бурение производится с тщательным хронометражем, фиксацией механической скорости, провалов инструмента с точным указанием интервалов, баланса расхода и характера циркуляции

промывочной жидкости или воздуха при бурении с промывкой и продувкой, что позволяет зафиксировать карстовые пустоты, определить их размер, наличие заполнителя и степень заполнения.

Определившись со способом бурения, устанавливают *количество и глубину скважин*, необходимых для детального изучения инженерно-геологических условий территории и обеспечения проектных работ.

Расстояния между буровыми скважинами, рекомендуемые в зависимости от сложности инженерно-геологических условий и уровня ответственности проектируемых зданий и сооружений с учетом ранее пройденных выработок, приведены ниже, в табл. 10.

Т а б л и ц а 10

Категория сложности инженерно-геологических условий	Расстояние между горными выработками для зданий и сооружений I и II уровней ответственности	
	I	II
I	75–50	100–75
II	40–30	50–40
III	25–20	30–25

При изысканиях под строительство высотных зданий скважины размещаются с шагом не более 20 м.

Расположение скважин в плане здания должно обеспечивать оценку неоднородности напластований грунтов, а также учитывать конструктивные особенности здания и характер распределения нагрузок.

Глубина бурения принимается с учетом размера сферы взаимодействия проектируемого сооружения с грунтовым массивом. Ее величина определяется выбранным типом фундамента, глубиной его заложения и действующими на него удельными нагрузками. В табл. 11 приведены рекомендуемые (СП 11–105—97) глубины скважин для зданий на ленточных фундаментах и отдельных опорах в зависимости от действующих нагрузок.

На участках распространения специфических грунтов (рыхлые пески, набухающие и пучинистые глинистые разности, слабые текучепластичные, текучие и заторфованные глинистые грунты, техногенные грунты) скважины должны обеспечивать вскрытие их полной мощности и проходиться до глубины, на которой наличие таких грунтов не будет оказывать влияния на устойчивость проектируемых зданий и сооружений.

Т а б л и ц а 11

Здание на ленточных фундаментах		Здание на отдельных опорах	
Нагрузка на фундамент, кН/м (этажность)	Глубина горной выработки от подошвы фундамента, м	Нагрузка на опору, кН	Глубина горной выработки от подошвы фундамента, м
до 100 (1)	4–6	до 500	4–6
200 (2-3)	6–8	1000	5–7
500 (4-6)	9–12	2500	7–9
700 (7-10)	12–15	5000	9–13
1000 (11-16)	15–20	10000	11–15
2000 (более 16)	20–23	15000	12–19
		50000	18–26

Примечания.

1. Меньшие значения глубин горных выработок принимаются при отсутствии подземных вод в сжимаемой толще грунтов основания, а большие — при их наличии.

2. Если в пределах глубин, указанных в таблице, залегают скальные грунты, то горные выработки необходимо проходить на 1–2 м ниже кровли слабо-выветрелых грунтов или подошвы фундамента при его заложении на скальный грунт, но не более приведенных в таблице глубин.

Все скважины после окончания изысканий должны быть ликвидированы тампонажем глиной или цементно-песчаным раствором для исключения возможности загрязнения природной среды и активизации геологических и инженерно-геологических процессов.

За последнее столетие сконструировано огромное количество разнообразных буровых установок, используемых в различных отраслях. Чаще других, при инженерно-геологических изысканиях в строительстве, применяются следующие марки станков: УРБ-2А2; ЛБУ-50; УГБ-1ВС; АВБ-2М; ПБУ-2; ББУ-ООО «Опенок»; УКБ-12/25.

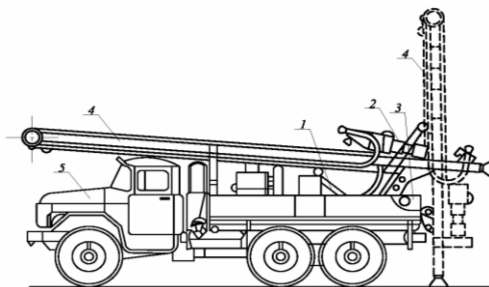
6.2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ БУРОВЫХ РАБОТ

6.2.1. Буровая установка УРБ-2А2

Эта установка монтируется на шасси грузовых автомобилей повышенной проходимости, таких как ЗИЛ, УРАЛ, КамАЗ (рис. 7). Буровая установка может осуществлять бурение шнеками, а также колонковое бурение либо «всухую», либо с промывкой или продувкой. Для осуществления колонкового бурения с промывкой буровая установка комплектуется грязевым насосом НБ-32, а для бурения с продувкой — компрес-сором КСБУ-5/9. Все агрегаты приводятся в действие от двигателя автомобиля. Управление установкой

Рис. 7. Буровая установка
УРБ-2А2:

- 1 – цилиндр подъема мачты;
2 – вращатель;
3 – пульт управления;
4 – мачта; 5 – автомобиль



полностью гидрофицировано и осуществляется с пульта бурильщика. Мощность вращателя обеспечивает свинчивание — развинчивание бурильных труб, что заметно сокращает трудозатраты. Недостатком данного станка является отсутствие лебедки для бурения ударно-канатным способом.

Технические характеристики:

Глубина бурения, м:

с промывкой 100;

с продувкой 30;

шнеками 30.

Диаметр бурения, мм, — от 93 до 190.

6.2.2. Буровая установка УГБ-1ВС

Данная буровая установка монтируется на базе грузового автомобиля ГАЗ-66. Позволяет осуществлять бурение шнеками, колонковым и ударно-канатным методами. Колонковое бурение может производиться как «всухую», так и с промывкой, а при дополнительной комплектации передвижной компрессорной станцией еще и с продувкой. Привод гидросистемы установки может осуществляться как от дизельного двигателя, расположенного на раме автомобиля, так и от двигателя самого автомобиля, в зависимости от комплектации.

Технические характеристики:

Глубина бурения, м:

с промывкой 50;

с продувкой 50;

шнеками 25-50;

ударно-канатным способом ... 25.

Диаметр бурения, мм 130-300.

Грузоподъемность лебедки, кгс ... 1000.

6.2.3. Буровая установка ПБУ-2

ПБУ-2 — многоцелевая буровая установка с механическим приводом подвижного вращателя. Может быть установлена как на грузовых автомобилях и гусеничных тягачах, так и на санное основание

и другие шасси. Сама буровая установка монтируется на собственной раме, а привод осуществляется от автономного дизельного двигателя, что дает возможность монтировать ее на передвижных средствах, не имеющих собственного двигателя, или на которых невозможен отбор мощности. Установка укомплектована буровым насосом и компрессором, что позволяет выполнять колонковое бурение и с промывкой, и с продувкой. Конструктивной особенностью этого станка является возможность отвода в сторону от оси скважины вращателя для выполнения спуско-подъемных операций, установки обсадных колонн и реализации технологии ударно-канатного бурения с использованием буровой лебедки.

Технические характеристики:

Глубина бурения, м:
с промывкой 100-120;
с продувкой 100;
шнеками 60.
Диаметр бурения, мм:
шнеками до 400;
колонковой трубой до 190.
Грузоподъемность лебедки, кгс ... 1600.

6.2.4. Буровая установка ЛБУ-50

Установка предназначена для бурения скважин различного назначения шнековым, колонковым и ударно-канатным методами. Наличие в комплекте насоса и компрессора позволяет бурить скважины как с промывкой, так и с продувкой. Монтируется данная установка на шасси различных грузовых автомобилей (ЗИЛ, УРАЛ, КамАЗ). Привод всех агрегатов станка осуществляется от двигателя транспортной базы через коробку отбора мощности. В качестве дополнительного оборудования можно использовать сварочный генератор для выполнения вспомогательных работ. Дополнительным плюсом этой установки является возможность осуществлять статическое зондирование грунтов и при этом производить эти работы без анкерного крепления к земле.

Технические характеристики:

Глубина бурения, м:
с промывкой 200;
с продувкой 100;
шнеками 60.
Диаметр бурения, мм:
шнеками 500;
колонковой трубой 190.
Грузоподъемность лебедки, кгс ... 2500.

6.2.5. Буровая установка АВБ-2М

Данная буровая установка очень широко используется для бурения неглубоких (до 20 м) скважин. Она монтируется на базе грузовых автомобилей ГАЗ и ЗИЛ, а привод генератора и лебедки осуществляется от двигателя автомобиля (рис. 8). Бурение осуществляется двумя способами: вибрационным и ударно-канатным. Минусом данного станка является

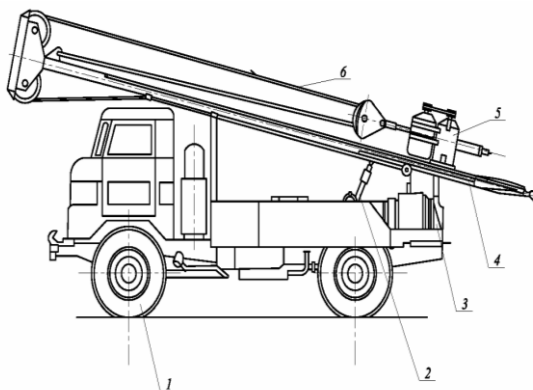


Рис. 8. Агрегат вибрационного бурения АВБ-2М:
1 – автомобиль ГАЗ-66; 2 – винтовой подъемник;
3 – опора мачты; 4 – мачта; 5 – вибратор;
6 – талевая оснастка

невозможность бурения скальных пород. Но быстрое разворачивание и приведение станка в рабочее состояние, в совокупности с быстрой проходкой, значительно увеличивает производительность работ.

Технические характеристики:

Глубина бурения, м:	
вибрационным способом	20;
ударно-канатным способом	40.
Диаметр бурения, мм:	
вибрационным способом	168;
ударно-канатным способом	219.
Масса установки, кг	5960.

6.2.6. Буровая установка ББУ-ООО «Опенок»

Это малогабаритная, быстроразборная, универсальная буровая установка с подвижным вращателем. Предназначена для бурения вертикальных и наклонных скважин щнековым и колонковым способами. При наличии в комплекте компрессора и насоса бурение можно осуществлять с промывкой или с продувкой. Общая масса установки составляет около 400 кг. Но так как она разбирается на блоки (масса одного блока не более 70 кг), то это позволяет осуществлять транспортировку станка вторым рабочим на легковом автомобиле с прицепом. Благодаря небольшой высоте ($h=2$ м), станок можно применять в условиях низких подвальных помещений. Привод установки может осуществляться как от бензинового, так и от электрического двигателей.

Технические характеристики:

Глубина бурения, м:	
с промывкой Ø 43 мм	до 100;
с продувкой Ø 112 мм	50;
шнеками Ø 135 мм	25.
Максимальный диаметр бурения, мм	250.
Грузоподъемность лебедки, кгс	400.
Масса установки, кг:	
с бензиновым двигателем	430;
с дизельным двигателем	600;
с электрическим двигателем	490.
Угол наклона скважины к вертикали, град ...	0-45 и 90.

6.2.7. Буровая установка УКБ-12/25

Данная малогабаритная установка предназначена для бурения вертикальных и наклонных скважин в стесненных условиях или труднодоступных местах (рис. 9). Бурение производится как шнеками,

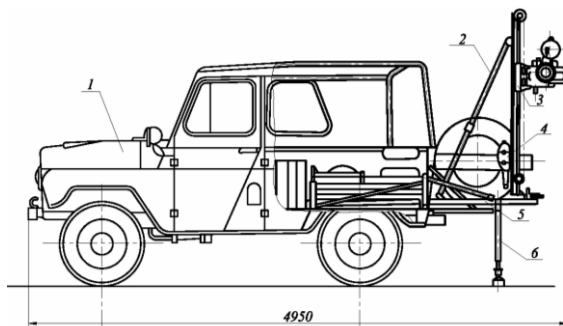


Рис. 9. Установка УКБ-12/25С:

1 – автомобиль; 2 – подкос; 3 – каретка;
4 – лебедка; 5 – рама; 6 – домкрат

так и колонковой трубой. При наличии в комплекте промывочного насоса можно производить колонковое бурение с промывкой. Небольшие размеры установки (высота около 2 м, масса около 130 кг) позволяют легко ее транспортировать. При необходимости буровая установка монтируется на базе легкового автомобиля повышенной проходимости УАЗ.

Технические характеристики:

Глубина бурения, м:	
шнеками Ø 70 мм	15;
алмазное с промывкой	30.
Максимальный диаметр бурения, мм	140.
Угол наклона скважин к вертикали, град	0-45.
Масса установки, кг:	
без автомобиля	132;
с автомобилем	1720.

7. Горно-проходческие работы

При инженерно-геологических изысканиях часто используют горные выработки (рис. 10), преследуя при этом те же цели, что и при бурении скважин.

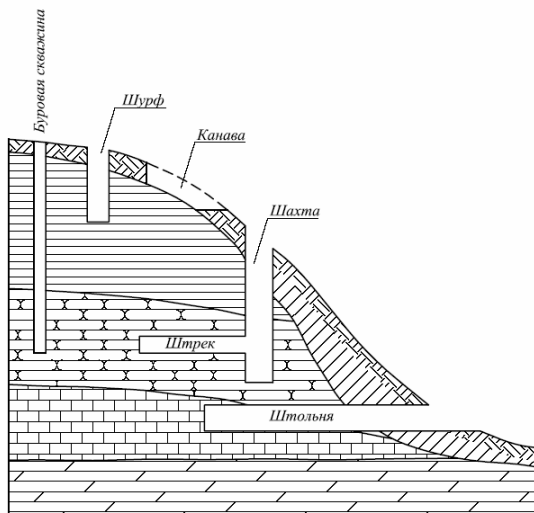


Рис. 10. Виды горных выработок, используемые при изысканиях

Горные выработки подразделяются на открытые (закопушки, расчистки, канавы) и подземные (шурфы, шахты, штольни, штреки и квершлагги).

Закопушка — небольшая в плане ($0,4 \times 0,4$ м) и по глубине (до 0,5 м) выработка, предназначенная для изучения пород, залегающих непосредственно под почвенно-растительным слоем или маломощными рыхлыми наносами. Используется для прослеживания контактов слоев, для отбора проб грунтов.

Расчистка — вытянутая в плане линейная выработка глубиной до 1,5 м, площадью до 100 м^2 . Обычно проходят на склонах, где горные породы залегают под делювием и осыпями. Применяется для изучения пород, отбора проб грунтов.

Канавы — вытянутая в плане линейная выработка глубиной до 3 м при ширине по дну до 1 м. Используется для изучения крутопадающих слоев пород с вертикальной трещиноватостью, приповерхностных зон дробления, отбора монолитов и проведения опытных работ.

Подземные горные выработки разделяются на вертикальные (шурфы, шахты) и горизонтальные (штольни, штреки, квершлагги).

Шурф — выработка прямоугольного или квадратного сечения (1,25–4,0 м²), пройденная с поверхности земли глубиной до 20 м. Проходка в рыхлых породах осуществляется ручным способом, в скальных — с использованием буровзрывных работ. Шурф круглого сечения диаметром до 1 м называется дудка. Проходят дудки механическим способом (шнеки большого диаметра) в устойчивых породах. Эти выработки используют для изучения геологического строения и состава пород, залегающих горизонтально или полого, для отбора монолитов, проведения опытных работ и режимных наблюдений.

Шахта отличается от шурфа большим сечением и глубиной до 80 м. Шахты большого сечения проходят с помощью специальных механизмов, а малого сечения и неглубокие — вручную или с помощью буровзрывных работ.

При проходке в рыхлых грунтах на глубину свыше 1,5 м стенки вертикальных выработок должны крепиться для предотвращения обрушения. Крепление бывает венцовое и забивное.

Штольня — горизонтальная или наклонная горная выработка, имеющая выход на дневную поверхность. Проходят на крутых склонах долин для изучения пород, коры выветривания, трещиноватости в зоне разгрузки, проведения опытных работ, отбора монолитов.

Штреки — горизонтальные выработки, не имеющие собственного выхода на поверхность, их, как правило, проходят из шурфов и шахт.

Такие крупные выработки, как шахты и штольни, требуют больших затрат, времени и финансов, поэтому выполняются лишь в сложных инженерно-геологических условиях для ответственных сооружений (высотные плотины, плотины на крупных реках).

По сравнению с буровыми скважинами горные выработки имеют ряд преимуществ.

Инженер-геолог получает возможность изучать разрез горных пород в условиях естественного залегания, включая детали (слабые прослои, заполнитель пустот и т.п.), которые могут быть утрачены при бурении. Можно отобрать менее нарушенные монолиты нужного размера, а главное, — провести исследование свойств грунтов непосредственно в пласте.

Основными недостатками горных выработок считаются трудоемкость проходки, необходимость использовать крепежный материал, специальные средства проходки, а при разработке ниже уровня подземных вод — искусственное водопонижение и т.д.

8. Полевые исследования грунтов

Неотъемлемой частью инженерно-геологических изысканий являются исследования свойств грунтов в поле, в условиях естественного залегания.

Известно, что характеристики грунтов в образце и в массиве всегда различны и нередко весьма значительно. В массиве имеются неоднородности по составу, трещиноватости, выветрелости, слоистости и т.д. Извлечение образца из массива всегда сопровождается разуплотнением, изменением влажности, структуры и состояния. К тому же образец может быть отобран из более или менее сохранной части массива. Таким образом, полевые испытания всегда дают более достоверные значения деформационных и прочностных параметров грунтов.

Выделяются следующие основные методы полевого определения свойств грунтов: динамическое и статическое зондирование; испытание статическими нагрузками (штамп, прессиометр); испытание целиков грунта на срез, обрушение, выпирание и раздавливание, пенетрационный каротаж, электродинамическое зондирование.

Методы зондирования основаны на том, что песчано-глинистые породы в зависимости от состава и свойств оказывают разное сопротивление внедряемому в них инструменту. По способу внедрения различают динамическое и статическое зондирование.

Статическое зондирование выполняется специальной установкой, обеспечивающей вдавливание зонда в грунт. Установка состоит из: зонда (конический наконечник и набор штанг), устройства для его вдавливания и извлечения, опорно-анкерного устройства, прибора для измерения нагрузок и показателей сопротивления грунта.

При *динамическом зондировании* зонд забивают в грунт ударами молота, падающего с определенной высоты. Разновидностью динамического является виброударное зондирование, основанное на погружении зонда вибромолотом с постоянной частотой ударов.

В качестве показателей зондирования принимаются: удельное сопротивление грунта под конусом зонда (q_3), удельное сопротивление по муфте трения (статика) и условное динамическое сопротивление погружению зонда (динамика).

Результаты зондирования обычно выражают в виде графиков, отражающих изменение показателей по мере погружения зонда.

Интерпретация результатов зондирования позволяет решить следующие задачи:

- определить положение границ слоев грунта различного состава и состояния;

- оценить степень неоднородности грунта;
- определить глубину залегания скальных или крупноблочных грунтов;
- обеспечить расчеты свайных фундаментов;
- определить физико-механические характеристики грунтов (плотность, пластичность, модуль деформации, угол внутреннего трения, сцепление). Следует иметь в виду, что для сооружений I и II уровней ответственности полученные показатели должны уточняться лабораторными и другими видами опытных полевых работ;
- провести выбор ключевых площадок для проведения опытных работ, отбора проб грунта и т.д.

Зондирование является косвенным методом, поскольку определяет показатели сопротивления грунтов пенетрации, а не параметры их физико-механических свойств. Нормативные значения последних определяются с помощью региональных таблиц и таблиц СНиП, составленных на базе сопоставительных исследований результатов зондирования, лабораторных исследований и более затратных испытаний грунтов прямыми полевыми методами.

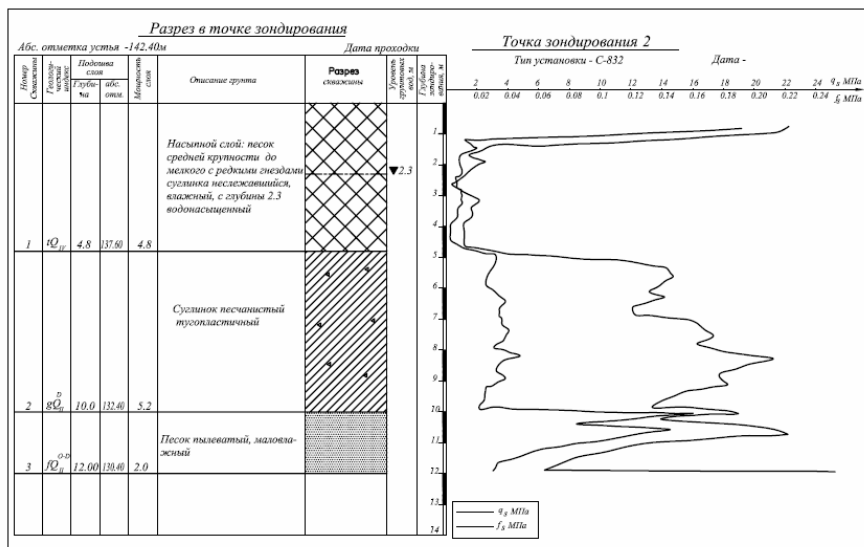


Рис. 11. Результат статического зондирования

Хотя бы часть точек зондирования должна размещаться в непосредственной близости от буровых скважин. В противном случае, интерпретация результатов зондирования будет крайне затруднена или неоднозначна. На рис. 11 показан пример оформления результатов статического зондирования.

Весьма интересным и перспективным является пенетрационно-каротажный метод, основанный на совмещении статического зондирования и геофизических каротажных исследований. В процессе зондирования в грунт задавливается зонд, оснащенный дополнительными датчиками. Информация с датчиков поступает в блок самописцев. В результате получают графики распределения по глубине не только удельного сопротивления пенетрации, трения по боковой поверхности зонда, но и ряда параметров, позволяющих оценить плотность и объемную влажность грунтов в массиве. Эта информация позволяет расчленить песчано-глинистый разрез на слои и охарактеризовать их нормативными значениями показателей физико-механических свойств.

К прямым полевым определениям относится испытание грунтов статическими нагрузками на штамп. Именно этот метод наиболее точно определяет сжимаемость грунтов и применим практически для всех их разновидностей, включая скальные, песчано-глинистые, крупнооболочные и др. Грунты под действием приложенной к ним нагрузки сжимаются, т.е. деформируются. Деформация складывается из упругой, восстанавливающейся после снятия нагрузки, и остаточной. Количественной характеристикой является модуль общей деформации E_0 .

Штамповые испытания проводят в шурфах и котлованах, в скважинах, в штольнях и туннелях. С учетом решаемых задач и условий выполнения разработан целый ряд штамповых установок и методик проведения опытов. Независимо от особенностей в состав установки входят:

- штамп, передающий нагрузку на грунт;
- анкерное устройство, удерживающее установку;
- устройства, создающие нагрузку на штамп;
- приборы для измерения осадки штампа.

На рис. 12 и 13 приведены схемы установок для испытаний в шурфах и котлованах с разными способами анкеровки. При испытаниях скальных грунтов требуются значительные нагрузки и более мощная анкерная система — натяжные тросы, укрепляемые в скважинах (рис. 14).

При необходимости изучения грунтов, залегающих на значительных глубинах, испытания проводят в скважинах (рис. 15). Используются плоские или винтовые штампы площадью 600 см^2 , диаметр скважины составляет 325 мм.

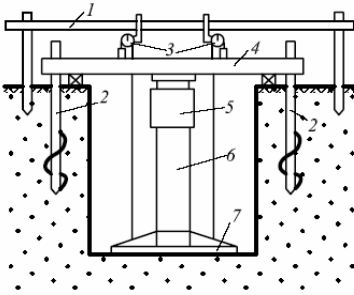


Рис. 12. Штамповая установка с упором в балку, закрепленную анкерными сваями:

1 – реперная система; 2 – анкерные сваи; 3 – прогибомеры; 4 – упорная балка; 5 – гидравлический домкрат; 6 – стойка для передачи нагрузки; 7 – штамп

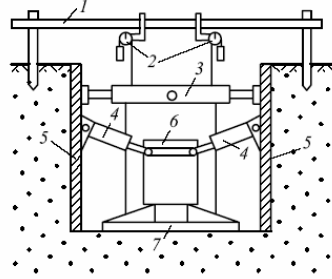


Рис. 13. Штамповая установка с упором в стенки шурфа:

1 – реперная система; 2 – прогибомеры; 3 – распорный винтовой домкрат; 4 – стойки для упора в стенки шурфа; 5 – упорные шиты; 6 – гидравлический домкрат; 7 – штамп

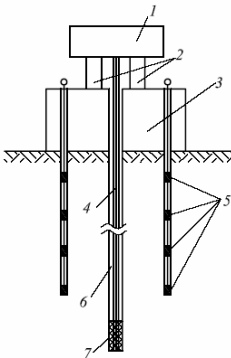


Рис. 14. Схема штамповых испытаний скальных грунтов с применением тросового анкера:

1 – оголовок; 2 – домкраты; 3 – штамп; 4 – трос; 5 – датчики измерения деформации грунта под штампом; 6 – скважина; 7 – цемент

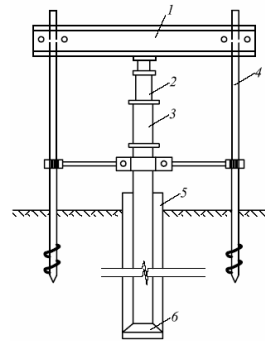


Рис. 15. Схема установки для испытания грунтов в скважине пробной нагрузкой:

1 – упорная балка; 2 – динамометр; 3 – домкрат; 4 – винтовая анкерная свая; 5 – обсадная труба; 6 – штамп

При строительстве гидротехнических сооружений нередко возникает необходимость исследований в штольнях и туннелях. В этом случае используют метод напорных камер, жестких штампов или гидравлических домкратов. Испытания в специально оборудованной на участке штольни камере (рис. 16) проводят, создавая давление

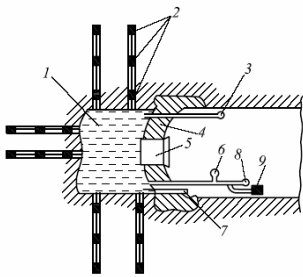


Рис. 16. Схема изучения деформационных свойств скальных грунтов с помощью напорной камеры:
 1 – напорная камера, наполненная водой; 2 – экстензометры; 3 – кран для выпуска воздуха; 4 – бетонная перегородка; 5 – люк; 6 – манометр; 7 – трубка кабеля датчиков; 8 – система подачи воды под напором и водометр; 9 – кран для выпуска воды

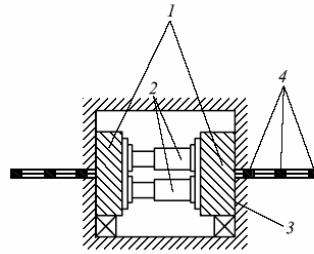


Рис. 17. Схема изучения деформационных свойств скальных грунтов в штольнях с применением жестких штампов:

1 – бетонные штампы; 2 – домкраты; 3 – стенка штольни; 4 – приборы для измерения деформации грунта

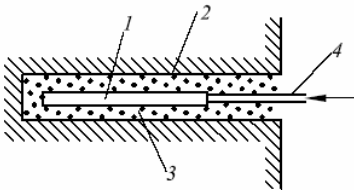


Рис. 18. Схема изучения деформационных свойств скальных грунтов с помощью плоских домкратов:
 1 – плоский домкрат; 2 – прорез в грунте; 3 – цементная подушка; 4 – система подачи под давлением

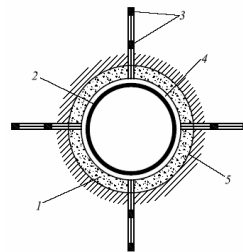


Рис. 19. Схема изучения деформационных свойств скальных грунтов с помощью цилиндрических домкратов:
 1 – цементная подушка; 2 – металлическая труба; 3 – приборы для измерения деформации грунта; 4 – цилиндрический домкрат; 5 – стенка выработки

нагнетаемой в нее водой. Жесткие штампы (рис. 17) изготавливаются из бетона и нагружаются домкратами, упираемыми в противоположные стены или пол и потолок выработки. Гидравлические домкраты — емкости из прочного деформируемого материала. В случае использования плоских домкратов (рис. 18) эти емкости размещаются в прорези, в случае применения цилиндрических — между металлической трубой и стенкой выработки (рис. 19). В полостях формируется цементная подушка. Затем в домкраты закачивается жидкость, создающая необходимое для испытаний давление.

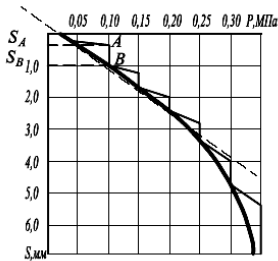


Рис. 20. График осадки грунта под штампом при его нагружении: S_A и S_B — осадки, отвечающие началу и концу ступени нагружения; A, B — расчетный интервал

трудоёмкий, длительный и дорогостоящий процесс, поэтому они, обычно, применяются при изысканиях под ответственные сооружения на стадиях проекта рабочей документации или в процессе строительства.

Деформационные характеристики грунтов определяются также с помощью прессиометров в буровых скважинах. Метод основан на принудительном расширении части ствола скважины равномерно распределенным давлением. Прессиометр состоит из скважинного зонда, наземного измерительного блока и связующих их шлангов. Существует несколько модификаций этих приборов. На рис. 21 схематически показан гидравлический прессиометр. Трехкамерный эластичный зонд устройства опускается в скважину на заданную глубину. Давление создается при помощи газа, камеры зонда расширяются и передают нагрузку на стенки скважины. Деформации грунта определяют по изменению объема жидкости в мерном цилиндре.

Наиболее распространены штампы площадью 600–10000 см². Деформации грунта под штампом измеряются индикаторами часового типа, прогибомерами и экстензометрами.

Нагрузки на штамп подаются ступенями. Каждая ступень выдерживается до условной стабилизации осадки грунта при данной нагрузке. Результаты испытаний оформляются в графической форме (рис. 20). Рассчитывается значение модуля общей деформации.

Испытания грунтов штампом — весьма

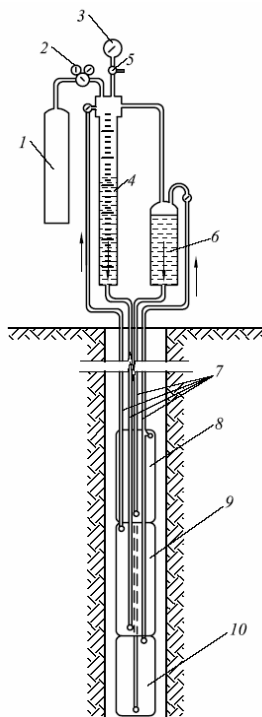


Рис. 21. Схема прессиометра: 1 — газовый баллон; 2 — редуктор; 3 — манометр; 4 — измерительный цилиндр; 5 — кран-тройник; 6 — бачок; 7 — шланги; 8, 10 — вспомогательные камеры; 9 — рабочая камера

Схема проведения опыта схожа со штампом, но нагрузка передается в горизонтальном направлении, т.е. не совпадает с направлением нагрузок от сооружения. Это необходимо учитывать при испытаниях грунтов с высокой анизотропией свойств.

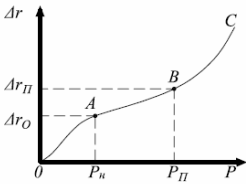


Рис. 22. График прессиометрических испытаний

На рис. 22 показан график прессиометрических испытаний, отражающий зависимость приращения радиуса скважины Δr от величины давления P . Участок $O-A$ отражает обжатие разуплотненных стенок скважины. Участок $A-B$ характеризует сжимаемость, а кривая $B-C$ позволяет оценить прочностные свойства породы.

Прочностные свойства пород также изучаются полевыми методами. Прочность характеризуется сопротивлением грунта срезу τ , удельным сцеплением C и углом внутреннего трения ϕ . Кратко рассмотрим наиболее распространенные методы определения этих параметров: плоский срез целика грунта, обрушение целиков, выпирание призм, кольцевой срез в скважинах.

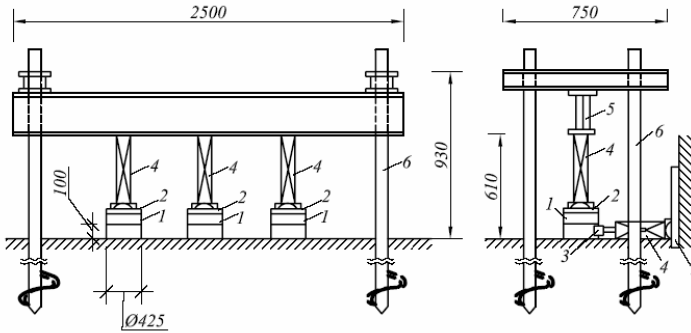


Рис. 23. Схема установки для сдвига целиков грунта конструкции Фундаментпроекта:

- 1 – кольцо-обойма; 2 – штамп; 3 – съемный упор;
- 4 – гидравлический домкрат; 5 – упорные балки;
- 6 – винтовые анкерные сваи; 7 – опорная плита

Схема установок для плоского среза (сдвига) целика грунта приведена на рис. 23 и 24. Первая установка предназначена для работы в котловане и обеспечивает сдвиг трех целиков, вторая применяется при испытаниях в стесненных условиях в шурфе.

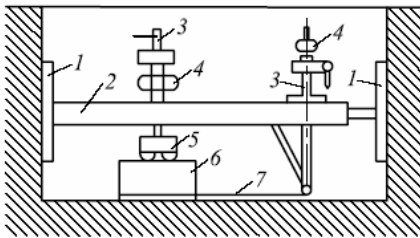


Рис. 24. Схема установки для плоскостного среза останца грунта в шурфе:

- 1 – распорные щиты с ножами;
- 2 – упорная балка; 3 – домкраты;
- 4 – динамометры; 5 – каретка;
- 6 – кольцо-обойма с грунтом;
- 7 – стальной трос

В любом случае испытания заключаются в определении сопротивления сдвигу целиков грунта, вырезанных в дне выработки и заключенных в кольцо-обойму. Сдвиг осуществляется возрастающей горизонтальной нагрузкой τ при постоянной вертикальной σ . При этом наблюдают за деформациями. Для получения прочностных параметров выполняют не менее трех сдвигов под разными нагрузками. В каждом случае строят график изменения сопротивления сдвига τ от деформации (рис. 25). С использованием τ_{\max} строится зависимость $\tau = f(\sigma)$ (рис. 26). Полученный график позволяет определить значения φ и C .

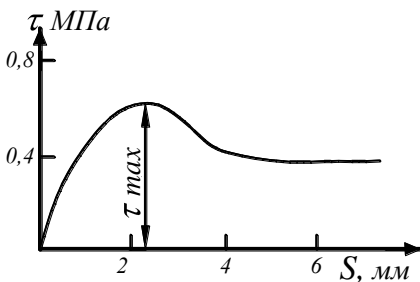


Рис. 25. График зависимости сопротивления сдвигу (τ) грунта от горизонтального перемещения (S) обоймы

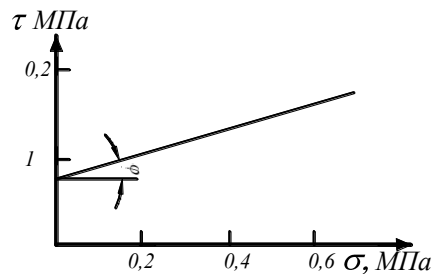


Рис. 26. График зависимости $\tau = f(\sigma)$ при сдвиговых испытаниях грунта

Испытания методом обрушения целика заключаются в последовательном разрушении нескольких призм (рис. 27). Модификацией метода является обрушение с использованием плоского домкрата D , помещенного в прорезь в грунте (рис. 28). Схема испытания методом выпирания призмы приведена на рис. 29. Каждый способ имеет свою методику обработки результатов и расчетов φ и C .

При строительстве гидротехнических сооружений на скальном основании требуется получение таких характеристик, как сопротивление сдвигу: по контакту бетон — скала; по трещинам или ослабленным прослоям в скальном массиве, по скальному массиву в целом. Для решения этих задач проводят испытания методом сдвига бетонных

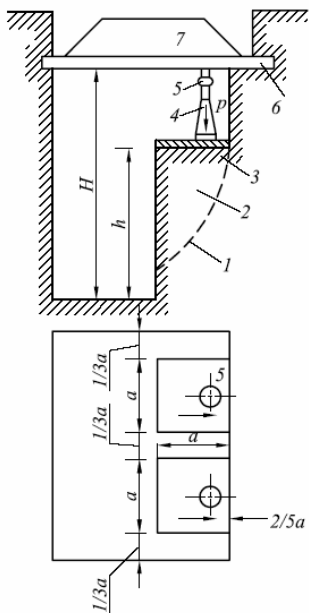


Рис. 27. Схема испытания грунтов методом обрушения:
 1 – поверхность сдвига;
 2 – обрушаемый массив;
 3 – штамп; 4 – домкрат;
 5 – динамометр; 6 – горизонтальная упорная плита;
 7 – груз

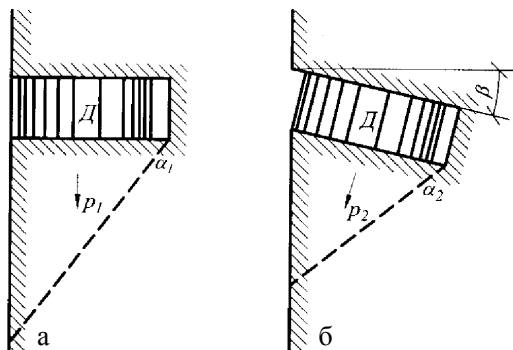


Рис. 28. Схема испытаний грунтов методом обрушения:
 а – до обрушения; б – после обрушения;
 Д – целик грунта

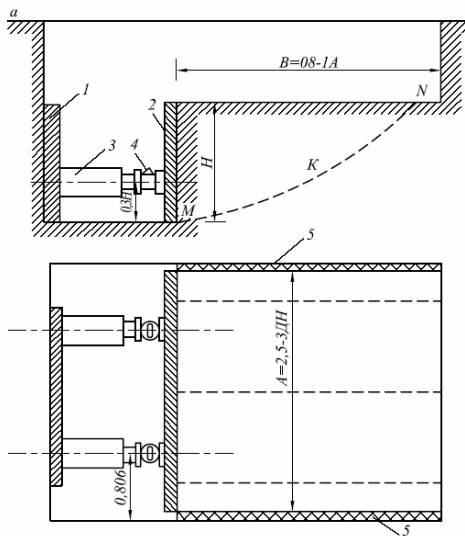


Рис. 29. Схемы испытания грунтов методом выпирания призмы грунта (а) и усилий, действующих при выпирании грунта (б):
 1 – упорная стенка; 2 – вертикальная подвижная стенка; 3 – домкрат; 4 – динамометр; 5 – прорези

штампов или скальных целиков, заключенных в бетонную обойму. Размеры штампа или целика определяются трещиноватостью массива и обычно не превышают $1-2 \text{ м}^2$. При этом известны случаи сдвигов целиков значительно большей площади: на Токтогульской ГЭС — 7 м^2 ; Братской — 50 м^2 ; Красноярской — 100 м^2 . Подобные опыты выполняются редко и в ограниченном количестве, так как являются чрезвычайно трудоемкими и дорогостоящими.

9. Лабораторные исследования грунтов

Лабораторные исследования свойств грунтов выполняются на всех стадиях инженерно-геологических изысканий. При этом определяются:

- физические свойства, отражающие состояние грунтов (плотность, влажность, пределы пластичности, зерновой и петрографический составы и т.д.). По результатам этих определений рассчитываются такие характеристики грунтов, как пористость, число пластичности, показатель консистенции, степень влажности и др. Все перечисленные характеристики являются классификационными, т.е. позволяют отнести исследуемый грунт к той или иной разновидности. Кроме того, анализ этих данных позволяет получить предварительное представление о физико-механических свойствах грунтов;

- физико-механические свойства — прочностные и деформационные (удельное сцепление, угол внутреннего трения, модуль деформации и др.), определяющие поведение грунта под нагрузками от будущего сооружения;

- физико-химические свойства, проявляющиеся при взаимодействии компонентов грунта со средой или сооружением (коррозионные свойства, липкость, размокаемость).

В настоящее время исследования грунтов выполняются, как правило, в стационарных, реже — в полевых грунтоведческих лабораториях. Виды и объемы исследований определяются с учетом типа грунта, стадии проектирования, конструктивных особенностей сооружения и условий работы грунта в строительный и эксплуатационный периоды.

Для получения однозначных результатов в любой лаборатории определения характеристик свойств грунтов ведутся при четком соблюдении соответствующих стандартов (ГОСТ). Однако достоверность результатов зависит не только от качества исследований, но и от правильности отбора доставляемых в лабораторию образцов грунта. Вся процедура отбора, консервации, транспортировки и хранения проб регламентируется ГОСТ 12071—2000.

Несмотря на высокую трудоемкость, лабораторные работы сегодня являются основным способом массового определения свойств грунтов.

Основным недостатком лабораторных методов является малый размер исследуемых образцов и точечный характер опробования. В результате могут остаться без внимания крупные неоднородности грунтового массива (ослабленные области, зоны повышенной трещиноватости, карманы выветривания, тектонические нарушения и т.п.), что приведет к завышению его прочностных и деформационных параметров.

Нивелировать это искажение помогают испытания грунтов в условиях естественного залегания с помощью полевых методов исследования. Однако эти методы требуют значительных затрат, весьма недешевы и используются обычно в ограниченном количестве.

Наиболее рациональным способом исследования прочности и деформируемости грунтов является сочетание лабораторных и полевых методов.

10. Гидрогеологические исследования

Гидрогеологические исследования входят в комплекс инженерно-геологических изысканий и позволяют ответить на такие важные для промышленно-гражданского и особенно для гидротехнического строительства вопросы, как:

- определение потерь воды на фильтрацию из каналов и водохранилищ;
- определение водопритоков в строительные котлованы и подземные выработки;
- развитие фильтрационных деформаций сооружения и массива грунтов;
- расчеты противофильтрационных мероприятий;
- влияние на устойчивость сооружений выщелачивания водорастворимых компонентов грунтового массива и т.д.

Эти факторы имеют существенное значение при выборе типов, конструкций сооружений и разработке комплекса защитных мероприятий.

При фильтрационных расчетах определяющей является водопроницаемость грунтов и горных пород, характеризующаяся коэффициентом фильтрации K_f .

Водопроницаемость изучается расчетными и лабораторными методами, полевыми опытно-фильтрационными и геофизическими испытаниями.

Расчетные методы основаны на связи гранулометрического состава и коэффициента фильтрации, описываемой рядом эмпирических формул. *Лабораторный метод* — на испытании песков, загружаемых в специальный прибор. Оба не отличаются точностью результатов и обычно не используются при изысканиях для гидротехнического строительства. В этой области чаще всего применяются полевые опытно-фильтрационные методы, включающие в себя откачки воды из скважин и других горных выработок, наливы в шурфы и скважины, нагнетания в скважины.

Наиболее информативным методом являются опытные откачки. При откачке из скважины уровень подземных вод в водоносном пласте понижается, при этом вокруг скважины образуется депрессионная воронка. Коэффициент фильтрации связан с дебитом скважины,

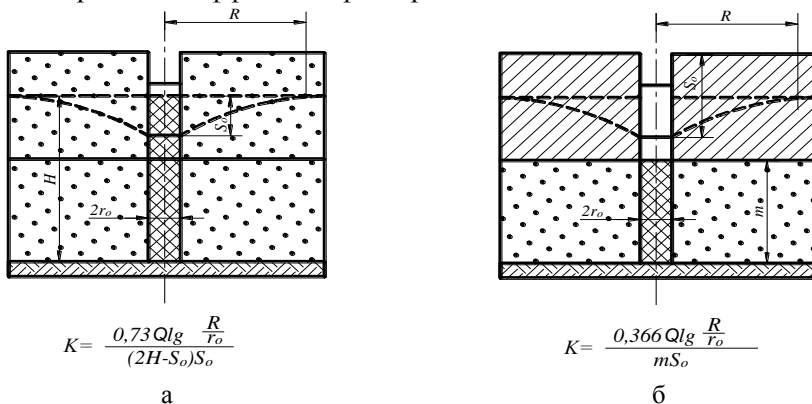


Рис. 30. Схемы одиночной откачки из совершенной скважины: а – в безнапорном водоносном горизонте; б – в напорном водоносном горизонте

величиной понижения и размером депрессионной воронки (радиус влияния). Определив эти величины, можно рассчитать коэффициент фильтрации.

Возможно выполнение одиночных и кустовых откачек. Опытные откачки из одиночных скважин обычно применяют при изучении сравнительно однородных пород. В одной скважине по мере ее углубления могут выполняться несколько откачек. Они называются зональными и позволяют получить поинтервальную характеристику разреза. Одиночные откачки являются наиболее распространенным видом гидрогеологических исследований и выполняются на всех стадиях проектирования.

Кустовые откачки проводят в группе (кусте) скважин, из которых одна (центральная) является опытной. Из нее ведут откачку воды, а остальные служат для наблюдений за развитием депрессионной воронки в водоносном слое. Этот вид откачек позволяет опробовать массив большей площади, чем одиночные, а следовательно, обеспечивает более точное определение фильтрационных параметров. При изысканиях для гидротехнического строительства кустовые откачки применяют в основном на поздних стадиях изысканий и всегда выполняют на участках проектируемых дренажей и водопонижений.

Наблюдательные скважины располагаются по одному или нескольким лучам, отходящим от центральной скважины. Число и

направление лучей, количество наблюдательных скважин на луче и расстояние между ними зависят от особенностей геологического строения, неоднородности водоносного пласта, предполагаемого направления фильтрационного потока и задач, решаемых конкретной откачкой.

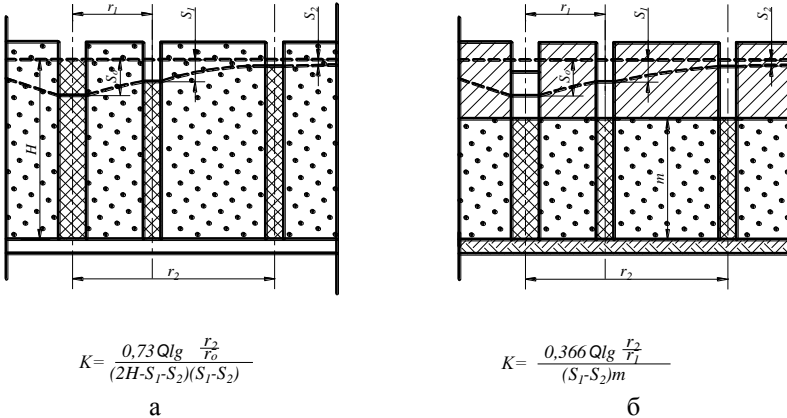


Рис. 31. Схемы кустовой откачки из совершенной скважины: а – в безнапорном водоносном горизонте; б – в напорном водоносном горизонте

В процессе опыта фиксируются изменения дебита и уровня воды в наблюдательных и других существующих скважинах, попадающих в зону влияния откачки.

Обработка результатов откачек основана на решении уравнений фильтрации по определенной расчетной схеме. Применительно к тем или иным гидрогеологическим условиям разработан ряд расчетных схем. Правильно проведенная схематизация природных условий определяет достоверность получаемых фильтрационных характеристик грунтов. На рис. 30 приведены примеры простейших схем одиночных откачек из совершенных скважин в безнапорном (а) и напорном (б) водоносных горизонтах, на рис. 31 — схемы выполняемых в тех же условиях кустовых откачек с двумя наблюдательными скважинами.

При необходимости изучения обводненных неравномерно трещиноватых и закарстованных массивов скальных и полускальных пород могут выполняться длительные кустовые откачки с большим радиусом депрессионной воронки. Для обеспечения высокого дебита откачиваемой воды в качестве центральной оборудуют скважину диаметром 800–1300 мм или используют 2–3 скважины диаметром 250–300 мм. При продолжительности откачки 25–30 суток радиус депрессии может достигать нескольких сотен метров, что позволяет

изучить массив, сопоставимый по масштабу с проектируемым сооружением. В процессе таких откачек наблюдения выполняют во всех скважинах, пробуренных на участке.

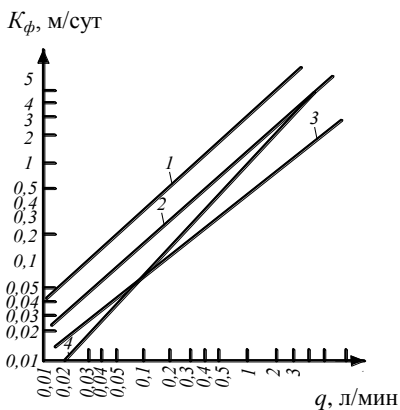


Рис. 32. Графики связи коэффициента фильтрации K_f и удельного водопоглощения q для различных пород: 1 – диабазы (Братская ГЭС); 2 – кристаллические сланцы (Саяно-Шушенская ГЭС); 3 – известняки (Токтогульская ГЭС); 4 – переслаивание песчаников и алевролитов (Нурекская и Курпсайская ГЭС)

Трещиноватые скальные породы изучают также *методом опытных нагнетаний* в скважину, характеризующим проницаемость пород по объему поглощаемой воды. В опробуемый интервал, изолированный от основного объема скважины специальными тампонами, подается вода с постоянным избыточным давлением и измеряется ее расход. Результатом нагнетаний являются удельное водопоглощение q (л/мин) и приведенный расход Q_n (л/мин). Это относительные величины, позволяющие, однако, расчленив массив по водопоглощению, выявить сосредоточенные пути фильтрации.

Основным достоинством метода является простота выполнения

опытов в сравнении с откачками, что позволяет проводить массовые опробования. Важным обстоятельством считается также возможность испытания обводненных пород и зоны аэрации.

Как отмечалось выше, q и Q_n — величины относительные. Для выявления корреляции между ними и коэффициентом фильтрации K_f необходимо выполнять сопоставительные испытания (откачка — нагнетание) в одних и тех же интервалах скважины. Установленные зависимости (рис. 32) позволяют, используя нагнетания, распространить результаты ограниченного количества откачек на весь массив.

Для определения водопроницаемости пород, залегающих выше уровня подземных вод, используются также *наливы воды в шурфы и скважины*. Применительно к конкретным геологическим условиям с учетом некоторых допущений рядом исследователей (А.К. Болдырев, Н.С. Нестеров, Н.К. Гирицкий, В.М. Насберг и др.) разработаны различные методы проведения опытов. Все они предполагают наличие достаточно однородной толщи грунтов, поддержание при испытании постоянного напора воды в выработках и позволяют опреде-

лить коэффициент фильтрации только приближенно. При изысканиях для гидротехнического строительства наливов используются ограниченно, обычно в случае невозможности применения нагнетаний или при исследованиях для оросительных каналов.

Широкое применение при гидрогеологических исследованиях получили *индикаторные методы*. Они основаны на запуске индикаторов в водоносный пласт через скважину или поверхностный водоток и фиксации времени их появления в наблюдательных скважинах. В качестве индикаторов могут использоваться: поваренная соль, органические красители, радиоактивные изотопы.

Метод позволяет установить направление и истинную скорость фильтрационного потока, связь между поверхностными водотоками (соседние долины), связь поверхностных и подземных вод и отдельных водоносных горизонтов, пути сосредоточенной фильтрации, а также контролировать надежность противofильтрационных завес.

К *геофизическим методам*, используемым при гидрогеологических исследованиях, относятся: резистивиметрический каротаж, метод повторных боковых каротажных зондирований, расходомерия. Чаще других применяется резистивиметрия, основанная на равномерном засолении воды в скважине. Затем в скважине резистивиметром измеряют удельное электрическое сопротивление, зависящее от концентрации раствора. Концентрация определяется интенсивностью бокового притока свежей воды в скважину. Скорость фильтрационного потока подземных вод вычисляют по изменению концентрации раствора, а зная гидравлический уклон потока, определяют и коэффициент фильтрации.

На поздних стадиях проектно-изыскательских работ обычно имеется большое количество скважин. В этих условиях оценить водопроницаемость массива трещиноватых скальных пород можно по результатам *наблюдений за распространением подпора* во всех скважинах в период паводков на поверхностных водотоках.

Анализ полученных данных позволяет выделить неоднородности водопроницаемости массива в целом (зоны повышенной трещиноватости, водопроводящие тектонические нарушения и т.д.). Сложность метода состоит в обеспечении серии одновременных замеров во всех существующих на объекте скважинах.

Оценить точность и надежность фильтрационных параметров, а также методов их получения можно путем *обратных расчетов* по величине водопритоков в строительные котлованы и выемки. Накопление такой информации позволит в будущем при проектировании гидротехнических сооружений использовать метод гидрогеологических аналогов.

11. Стационарные наблюдения

Стационарные наблюдения являются комплексным методом получения информации об изменении геологической среды. В процессе наблюдений изучают: динамику развития опасных геологических процессов (оползни, карст, переработка берегов, выветривание и т.д.), изменение состояния и свойств грунтов, изменение температуры, химического состава, уровней и пьезометрических напоров подземных вод, развитие подтопления, осадки и просадки территории под влиянием сброски подземных вод или сейсмической активности и др.

Обычно наблюдения выполняют на ответственных объектах, проектируемых в сложных инженерно-геологических условиях. Элементы наблюдательной сети размещают на характерных участках и оборудуют. Организацию сети начинают на первых стадиях изысканий, постепенно увеличивая число пунктов и частоту наблюдений. При возможном развитии тех или иных неблагоприятных для сооружения процессов наблюдения могут продолжаться в период строительства и эксплуатации объектов. Даже в более благоприятных условиях целесообразно сохранять часть режимной сети для контроля за ситуацией.

В процессе наблюдений для фиксации изменений среды используют поверхностные и глубинные репера и марки, тензометрические датчики, пьезометры, а также другие приборы и устройства. Для получения точных количественных характеристик измерения по реперам и маркам выполняют геодезическими методами. Достаточно эффективным способом стационарных наблюдений являются режимные геофизические исследования. При их проведении измерения осуществляются с заданной периодичностью в определенных точках по профилям или в специально оборудованных скважинах.

Обычно виды наблюдений, размещение пунктов наблюдательной сети, их количество, периодичность, продолжительность и точность измерений определяются с учетом конкретных природно-техногенных условий участка, его размеров, стадии проектирования и уровня ответственности сооружения.

В конечном итоге наблюдения должны обеспечить подробную количественную информацию, достаточную для разработки инженерно-геологического прогноза или корректировки прогноза, составленного ранее, а следовательно, и разработку проектных решений по защитным мероприятиям и сооружениям.

12. Обследование грунтов оснований существующих зданий и сооружений

Обследование грунтов оснований существующих зданий и сооружений проводят при их реконструкции, расширении, развитии деформаций, а также при новом строительстве вблизи существующей застройки.

Такое обследование должно включать в себя определение изменения инженерно-геологической среды за период эксплуатации здания, изменение рельефа, гидрогеологических условий и геологического строения, состава, состояния и свойств грунтов, а также активность инженерно-геологических процессов.

Непосредственно перед началом обследования необходимо провести анализ архивных материалов (проектной документации инженерно-геологических изысканий, выполненных на данном участке и прилегающей территории), а также визуальную оценку состояния верхних конструкций здания.

Комплекс работ по обследованию грунтов основания должен включать в себя следующие виды:

- проходку шурфов вдоль фундаментов на глубину не менее 0,5 м ниже их подошвы;
- бурение скважин с отбором образцов грунта;
- определение уровня подземных вод;
- зондирование грунтов;
- испытание грунтов штампами или прессиометрами;
- исследования грунтов геофизическими методами;
- лабораторные исследования физико-механических свойств грунтов и химический анализ подземных вод;
- камеральную обработку материалов;
- составление технического заключения.

Объемы работ (число выработок, виды применяемых геофизических методов, количество лабораторных определений физико-механических свойств грунтов и т.д.) зависят от размеров обследуемого здания, сложности инженерно-геологических условий участка, необходимости обследования фундаментов и их оснований на наиболее и наименее нагруженных участках в зонах влияния нового строительства и реконструкции, а также в зонах наибольших деформаций здания.

В результате проведенного обследования должно быть установлено соответствие новых данных архивным. Исходя из вновь полу-

ченных данных по изменению геологического строения, гидрогеологических условий, состояния и свойств грунтов, делаются выводы, в которых объясняются причины деформаций здания, а также даются рекомендации по выбору способов усиления фундаментов и упрочнению оснований здания.

13. Оценка геологических рисков

Геологический риск представляет собой вероятностную меру геологической опасности (образования нового или активизации существующего геологического или инженерно-геологического процесса) с определенными параметрами на определенной площади за заданный промежуток времени.

Геологические риски экономических и социальных потерь связаны преимущественно с развитием карстовых, карстово-суффозионных и суффозионных процессов; оползнеобразованием, овражной и речной эрозией, подтоплением территорий, а также могут возникать в результате отрицательных и положительных деформаций земной поверхности, зданий и сооружений, обусловленных уплотнением, разжижением, разупрочнением, набуханием, морозным пучением и усадкой грунтов, имеющих, как правило, специфический состав, состояние и свойства.

Основными особенностями проявления геологических опасностей и соответствующих геологических рисков являются:

- их обусловленность не только естественными природными, но и техногенными факторами: статическими и динамическими воздействиями от предприятий, зданий и сооружений, транспорта и различных механизмов, созданием наземных и подземных выработок, утечками из водонесущих коммуникаций, откачками подземных вод, изменениями тепловых, электромагнитных и других физических полей. Такие воздействия приводят к существенному увеличению интенсивности, повторяемости (частоты) и скорости развития геологических опасностей по сравнению с ненарушенными природными условиями. В отдельных случаях опасности могут проявиться даже на территориях, где их развитие ранее (до техногенного вмешательства) было практически невозможно;
- пространственная приуроченность отдельных генетических типов геологических опасностей и рисков к территориям, сложным определенными комплексами пород (грунтов), к определенным

современным и древним элементам рельефа (склон, терраса, погребенная долина и т.п.), а также к определенным объектам хозяйства.

В настоящее время *оценка геологического риска* является неотъемлемой частью инженерно-геологических изысканий в районах возможного развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов и направлена на обеспечение безопасности населения, объектов хозяйства и окружающей природной среды путем заблаговременного осуществления инженерно-технических и других мероприятий по уменьшению негативных последствий и предупреждению природных чрезвычайных ситуаций (ЧС), обусловленных этими процессами.

Оценку риска потерь от геологических опасностей следует проводить на всех стадиях проектирования в следующей последовательности:

- идентификация и прогноз развития геологических опасностей в пространстве и во времени;
- оценка уязвимости территорий, зданий, сооружений и населения, находящегося в пределах этих объектов хозяйства, для геологических опасностей;
- оценка геологического риска;
- управление геологическим риском.

Идентификация геологических опасностей (первый этап оценки геологического риска) заключается в установлении характерных особенностей, показателей, условий, факторов и закономерностей развития всех имеющихся проявлений этих опасностей на оцениваемой территории, включая определение площадей их распространения, объемов охвата геологической среды, генезиса, возраста, стадийности, интенсивности, периодичности активизации и длительности воздействия, приуроченности к определенным комплексам пород, разрывным нарушениям, геологическим структурам, геоморфологическим элементам и строительным объектам.

Результаты идентификации являются основой для прогнозирования. Прогноз развития геологических опасностей выполняется на основе математического и вероятностно-статистического моделирования развития геологических опасностей, а также на основе экспертных оценок с использованием проявлений геологических опасностей в схожих природно-техногенных обстановках (объекты-аналоги).

Основные результаты идентификации и прогнозирования приводятся на картах опасности, отображающих характеристики опасности природных или техноприродных процессов, а также в услов-

ных обозначениях к картам, которые характеризуют основные условия и факторы развития геологических опасностей, их интенсивность и повторяемость.

Следующим этапом при оценке геологического риска является *оценка уязвимости*. Уязвимость — это свойство объекта утрачивать способность к выполнению своих естественных или заданных функций в результате наличия опасности определенного генезиса, интенсивности и длительности воздействия. Уязвимость выражается долей физических, экономических или социальных потерь объекта при наличии указанной опасности.

По результатам первых двух этапов проводится оценка геологического риска, которая представляет собой оценку геологической опасности или совокупности геологических опасностей, установленную для определенного объекта в виде возможных потерь за заданное время. Существует множество формул оценки геологического риска поражения различными геологическими опасностями. Однако в общем виде геологический риск рассчитывается как произведение повторяемости опасности на уязвимость оцениваемого объекта и его стоимость до поражения. В каждом случае необходимо рассматривать и оценивать не менее двух прогнозных сценариев развития природных ЧС с наиболее вероятными и максимальными возможными потерями (рисками).

Основные результаты оценки геологического риска представляются в виде соответствующих карт риска и (или) таблиц геологического риска, характеризующих все исходные данные, использованные при его оценке, включая промежуточные и конечные результаты оценки по всем сценариям развития природных ЧС и вариантам их предупреждения. Карты и таблицы сопровождаются пояснительными записками (заключениями, отчетами), содержащими характеристику полноты и качества исходных данных, краткое описание использованных методик прогнозирования геологических опасностей и рисков, а также критический анализ всех принятых допущений и существующих неопределенностей в итоговых оценках возможных потерь.

Последним этапом анализа является *управление геологическим риском*. На этом этапе результаты оценки геологического риска являются основой для определения необходимости, состава, объема, последовательности реализации и социально-экономической эффективности мероприятий по предупреждению природных ЧС, обусловленных развитием геологических опасностей, в составе проектной документации.

14. Камеральная обработка материалов и составление технического заключения

Камеральные работы являются важным элементом и завершающим этапом инженерно-геологических изысканий и занимают немало времени.

Камеральная обработка полученных материалов проходит в два этапа:

- текущая (предварительная) камеральная обработка — осуществляется в процессе производства полевых работ;
- окончательная камеральная обработка — выполняется после завершения полевых и лабораторных исследований, ее следствием является составление технического заключения (отчета) о результатах инженерно-геологических изысканий.

Текущая обработка материалов производится с целью обеспечения контроля за полнотой и качеством инженерно-геологических работ и своевременной корректировки программы изысканий в зависимости от полученных промежуточных результатов. В процессе текущей обработки осуществляется систематизация записей маршрутных наблюдений, просмотр и проверка описаний горных выработок, разрезов естественных и искусственных обнажений, составление графиков обработки полевых исследований грунтов, каталогов и ведомостей горных выработок, образцов грунтов и проб воды для лабораторных исследований, увязка между собой результатов отдельных видов инженерно-геологических работ (геофизических, горных, полевых исследований грунтов и др.), составление колонок (описаний) горных выработок, предварительных инженерно-геологических разрезов, карты фактического материала, предварительных инженерно-геологических и гидрогеологических карт и пояснительных записок к ним.

При *окончательной камеральной обработке* производится уточнение и доработка представленных предварительных материалов (в основном по результатам лабораторных исследований грунтов и воды), оформление текстовых и графических приложений и составление текста технического заключения о результатах инженерно-геологических изысканий.

Итогом камеральных работ является *техническое заключение*, состоящее из текстовой части, графических и текстовых приложений (в текстовой, графической и цифровой формах представления информации).

Текстовая часть включает в себя следующие разделы и сведения:

- *Техническое задание* (прил. 1, 2).
- *Введение* — приводится обоснование для производства работ, рассматриваются задачи инженерно-геологических изысканий, местоположение района (площадок, трасс, их вариантов) инженерных изысканий, данные об объекте, виды и объемы выполненных работ, приводятся сроки их проведения, методы производства отдельных видов работ, состав исполнителей, отступления от программы и их обоснование и др.
 - *Изученность инженерно-геологических условий* — приводятся характер, назначение и границы участков ранее выполненных инженерных изысканий и исследований, наименование организаций-исполнителей, период производства и основные результаты работ, возможности их использования для установления инженерно-геологических условий.
 - *Физико-географические и техногенные условия* — приводятся данные о климате, рельефе, геоморфологии, растительности, почве, гидрографии, сведения о хозяйственном освоении и использовании территории, техногенных нагрузках, опыте местного строительства, включая состояние и эффективность инженерной защиты, характер и причины деформаций оснований зданий и сооружений (если они имеются и установлены).
 - *Геологическое строение* — рассматриваются стратиграфо-генетические комплексы, условия залегания грунтов, литологическая и петрографическая характеристика выделенных слоев грунтов по генетическим типам, тектоническое строение и неотектоника.
 - *Гидрогеологические условия* — дается характеристика вскрытых выработками водоносных горизонтов, влияющих на условия строительства и (или) эксплуатацию предприятий, зданий и сооружений: положение уровней подземных вод, распространение, условия залегания, источники питания, химический состав подземных вод, прогноз изменений гидрогеологических условий в процессе строительства и эксплуатации объектов.
 - *Свойства грунтов* — приводится характеристика состава, состояния, физических, химических, механических, прочностных и деформационных свойств выделенных типов (слоев) грунтов и их пространственной изменчивости.
 - *Геологические и инженерно-геологические процессы* — оцениваются наличие, распространение и контуры проявления геологи-

ческих и инженерно-геологических процессов; зоны и глубины их развития, особенности развития каждого из процессов, причины, факторы и условия развития; состояние и эффективность существующих сооружений инженерной защиты, дается прогноз их развития во времени и в пространстве в сфере взаимодействия проектируемого объекта с геологической средой, оценка опасности и риска от геологических и инженерно-геологических процессов, приводятся рекомендации по использованию территории, мероприятиям и сооружениям инженерной защиты, в том числе по реконструкции существующих.

- *Заключение* — приводятся краткие результаты выполненных инженерно-геологических изысканий и рекомендации для принятия проектных решений по проведению дальнейших инженерных изысканий и необходимости выполнения специальных работ и исследований и пр.

- *Список использованных материалов* — дается перечень нормативных, фондовых и опубликованных материалов, использованных при составлении отчета.

В зависимости от целей и задач инженерно-геологических изысканий отчет может содержать дополнительные специальные главы (специфические грунты, инженерно-геологическое районирование и др.) или, наоборот, иметь меньше глав (например, не иметь главы «Геологические инженерно-геологические процессы» при отсутствии этих процессов).

Графические приложения технического заключения о выполненных изысканиях должны содержать различные карты (фактического материала, инженерно-геологических условий, инженерно-геологического районирования, опасности и риска от геологических и инженерно-геологических процессов и др.), инженерно-геологические разрезы, геофизические профили, графики полевых работ, лабораторных испытаний и пр.

Текстовые приложения к отчету должны содержать таблицы лабораторных определений показателей свойств грунтов и химического состава подземных вод с результатами их статистической обработки, таблицы результатов геофизических и полевых исследований грунтов, стационарных наблюдений и других работ в случае их выполнения, описание точек наблюдений (или их результаты в иной форме), горных выработок, каталоги координат и отметок выработок, точек зондирования, геофизических исследований и при необходимости другие материалы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ананьев В.П., Потапов А.Д.* Инженерная геология. М., 2005.
- Белый Л.Д.* Инженерная геология. М., 1985.
- Бондарик Г.К.* Методика инженерно-геологических исследований. М., 1986.
- ВСН 34.2-88 Инженерно-геологические изыскания для гидротехнических сооружений. М., 1989.
- Инструкция по инженерно-геологическим и геоэкологическим изысканиям в г. Москве. М., 2004.
- Комаров И.С. и др. Инженерно-геологические исследования при гидротехническом строительстве. М.: Недра, 1981.
- Методика инженерно-геологических исследований. М., 1986.
- Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород / Под. ред. Е.М. Сергеева. М.: Недра, 1984.
- Попов И.В.* Инженерная геология. М., 1959.
- П-71-72/ВНИИГ. Методические рекомендации по прогнозированию подтопления берегов водохранилища и использования подтопленных земель. Л., 1978.
- Рекомендации по использованию аналогов для проектирования и строительства насыпных плотин. М.: Энергопромиздат, 1984.
- Рекомендации по оценке геологического риска на территории г. Москвы. М., 2002.
- Руководство по определению коэффициента фильтрации водоносных пород методом опытной откачки. М., 1981.
- СНиП 2.02.02-85. Основания гидротехнических сооружений. М., 1986.
- СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах. М., 1982.
- СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М., 1997.
- СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений. М., 1984.
- СНиП 2.06.15-85. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. М., 1980.
- СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства (часть I-IV). М., 1997.
- СП 11-114-2004. Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений. М., 2004.
- Учет сейсмических воздействий при проектировании гидротехнических сооружений (пособие к разделу 5 СНиП II-7-81). Л., 1986.

ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ
НА ПРОВЕДЕНИЕ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО
ОБОСНОВАНИЯ ГИДРОУЗЛА

1. Общая часть

Назначение объекта, основные параметры, сроки и этапность разработки ТЭО. Наличие ранее выполнявшихся разработок, их краткая оценка и экспертные решения и заключения по вопросам, имеющим отношение к изысканиям.

Объект изысканий — районы створов, их местоположение, протяженность. Характеристика конкурирующих участков с их техническим обоснованием. Возможные варианты компоновки сооружений на участках створов и их параметры. Вероятная компоновка сооружений на выбранном участке, их типы и параметры.

Водоохранилище. Возможные варианты НПУ, основные объекты инженерной защиты.

Подсобные и вспомогательные сооружения, подлежащие разработке в ТЭО, и их местоположение.

Сведения о подземных источниках водоснабжения.

Сведения о сейсмичности района.

2. Инженерно-геологические изыскания.

В задании приводятся:

- сведения, определяющие выбор участка створа и компоновочных решений;

- этапы выполнения инженерно-геологических изысканий:

- *первый этап* — выполнение инженерно-геологических исследований для выбора участка створа (необходимо указать возможные компоновочные решения на конкурирующих участках сооружений гидроузла, водоохранилища при различных отметках НПУ; возможные варианты размещения подсобно-вспомогательных сооружений, водозаборов и пр., потребности в местных строительных материалах);

- *второй этап* — работы на выбранном участке створа с разработкой рекомендаций по створу и по трассам каналов и других линейных сооружений (следует указать: тип, возможные компоновочные решения и параметры отдельных элементов гидроузла — плотина, ГЭС, деривации и др.; необходимость изучения переработки берегов водоохранилищ и объектов инженерной защиты; размещение подсобных и вспомогательных сооружений и площадок подземных водозаборов, потребность в воде для временного и постоянного водоснабжения; потребность в различных видах местных строительных материалов; сроки производства инженерно-геологических изысканий как в целом по объекту, так и по этапам);

- порядок передачи материалов в проектные отделы в ходе проектирования.

К техническому заданию прилагаются: схемы проектируемых сооружений (планы и разрезы) с вариантами их размещения и контурами водоохранилища.

ФОРМЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ НА ПРОИЗВОДСТВО
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Техническое задание на производство инженерно-геологических
изысканий для строительства зданий и сооружений

1. Объект и адрес _____
 2. Заказчик _____
 3. Стадия проектирования _____
 4. Серия здания (по типовому или индивидуальному проекту)

 5. Уровень ответственности здания _____
 6. Габариты здания в плане и полезная площадь _____
 7. Количество и высота этажей _____
 8. Наличие подвала, его назначение и заглубление от поверхности
земли _____
 9. Конструкция здания
 - а) основные несущие конструкции (каркас, панели, кирпичные
стены) _____
 - б) ограждающие конструкции (панели, кирпичные стены) _____
 10. Предполагаемый тип фундаментов _____
 11. Нагрузки (на погонный метр ленточного фундамента, на отдельную
опору, на 1 м² плиты) _____
 12. Планировочные отметки (ориентировочно) _____
 13. Предельные значения средних осадок фундаментов _____
 14. Особые требования к изысканиям _____
-
15. Геотехническая категория объекта _____
Заказчик _____

" " _____ 201 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОИЗВОДСТВО
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ
ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЯ (СООРУЖЕНИЯ)

1. Объект и адрес _____
 2. Заказчик _____
 3. Характеристика здания _____
 4. Уровень ответственности здания _____
 5. Габарит предполагаемой к обследованию части здания _____
 6. Обследованию подлежат (да, нет):
 - а) основание и фундаменты _____
 - б) стены _____
 - в) внутренние отдельно стоящие опоры _____
 - г) прочие конструкции (перечислить) _____
 7. Временные нормативные нагрузки по этажам:
 - а) существующие _____
 - б) будущие _____
 8. Дополнительные постоянные нагрузки _____
 9. Конечные цели обследования здания _____
 10. Геотехническая категория объекта _____
 11. Особые требования к изысканиям _____
- Заказчик _____

" " _____ 201 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОИЗВОДСТВО
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ
ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ
И ЗАГЛУБЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

1. Объект и адрес _____
2. Заказчик _____
3. Стадия проектирования _____
4. Уровень ответственности сооружения _____
5. Краткая характеристика сооружения _____
6. Предполагаемая глубина заложения _____
7. Способ устройства (открытый или закрытый способ) _____
8. Основные технические данные:
 - а) локального сооружения:
 - габариты сооружения _____
 - основные несущие конструкции _____
 - предполагаемый тип фундаментов _____
 - сведения о нагрузках _____
 - б) линейного сооружения:
 - начало и конец сооружения (трассы) _____
 - характерные точки трассы _____
 - габариты (диаметр) поперечника _____
 - материал сооружения _____
9. Особые требования к изысканиям _____
10. Геотехническая категория объекта _____
Заказчик _____

" " _____ 201 г.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	3
1. Инженерно-геологические изыскания для строительства гидроэнергетических сооружений	5
1.1. Инженерно-геологические изыскания для строительства гидроэлектростанций	5
1.1.1. Изыскания для обоснования схемы комплексного использования реки	5
1.1.2. Изыскания для технико-экономического обоснования или технико-экономического расчета	8
1.1.3. Изыскания для обоснования проекта гидроузла	19
1.1.4. Изыскания для обоснования рабочей документации	23
1.2. Инженерно-геологические изыскания для строительства гидроаккумулирующих электростанций	25
1.2.1. Изыскания для обоснования схемы размещения ГАЭС	25
1.2.2. Изыскания для технико-экономического обоснования ГАЭС	26
1.2.3. Изыскания для обоснования проекта ГАЭС	28
1.2.4. Изыскания для обоснования рабочей документации ГАЭС	30
2. Инженерно-геологические изыскания для строительства крупных каналов	31
3. Инженерно-геологические изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений	33
3.1. Основные положения строительства морских сооружений	33
3.2. Изыскания для обоснования предпроектной документации	37
3.3. Изыскания для обоснования проекта	38
3.4. Изыскания для обоснования рабочей документации	40
4. Инженерно-геологические изыскания при строительстве портов	41
5. Методы и технические средства инженерно-геологических изысканий	42
5.1. Методы инженерно-геологических изысканий	42
5.2. Виды инженерно-геологических изысканий	52
5.2.1. Сбор и обработка материалов изысканий и исследований прошлых лет	52
5.2.2. Рекогносцировочное обследование	52
5.2.3. Инженерно-геологическая съемка	53
5.2.4. Геофизические исследования	54

6. Буровые работы и технические средства, применяемые при проведении буровых работ	61
6.1. Буровые работы	61
6.2. Технические средства, применяемые при проведении буровых работ	70
6.2.1. Буровая установка УРБ-2А2	70
6.2.2. Буровая установка УГБ-1ВС	71
6.2.3. Буровая установка ПБУ-2	71
6.2.4. Буровая установка ЛБУ-50	72
6.2.5. Буровая установка АВБ-2М	73
6.2.6. Буровая установка ББУ-ООО «Опенок»	73
6.2.7. Буровая установка УКБ-12/25	74
7. Горнопроходческие работы	75
8. Полевые исследования грунтов	77
9. Лабораторные исследования грунтов	86
10. Гидрогеологические исследования	87
11. Стационарные наблюдения	92
12. Обследование грунтов оснований существующих зданий и сооружений	93
13. Оценка геологических рисков	94
14. Камеральная обработка материалов и составление технического заключения	97
Библиографический список	100
Приложение 1. Примерное содержание технического задания на проведение изысканий для технико-экономического обоснования гидроузла	101
Приложение 2. Формы технических заданий на производство инженерно-геологических изысканий	102

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Чумаченко Александр Николаевич,
Красилов Александр Алексеевич

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
ИЗЫСКАНИЯ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ
СТРОИТЕЛЬСТВЕ: МЕТОДЫ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Учебное пособие

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

Подписано в печать 19.12.2011 г. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.
И-204. Объем 6,75 п.л. Усл. печ. л. 6,3. Тираж 100 экз. Заказ № 525.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет».
Ред.-изд. центр. Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-17, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95,
e-mail: statyamgsu@yandex.ru, e-mail: rio@mgsu.ru.

Отпечатано в типографии МГСУ.
Тел. (499) 183-91-90, (499) 183-67-92, (499) 183-91-44. E-mail: info@mgsuprint.ru
129337, Москва, Ярославское ш., 26