ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО ИНЖЕНЕРНЫМ ИЗЫСКАНИЯМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ



МОСКВА—1975

gost.e-ecolog.ru

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО ИНЖЕНЕРНЫМ ИЗЫСКАНИЯМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ



МОСКВА
СТРОЙИЗДАТ
1975

УДК 624.131.31:550.8

Рекомендации по производству инженерно-геологической разведки. М., Стройиздат, 1975, 56 с.
(Произв. и науч.-исслед. ин-т по инж. изысканиям в стр-ве).

В Рекомендациях изложены цели, задачи и методы проведения инженерно-геологической разведки. Особое внимание уделено вопросам содержания и организации работ в подготовительный период и оценке возможностей методов изучения грунтов, используемых при инженерно-геологической разведке.

Предназначены для инженерно-технических работников изыскательских, проектно-изыскательских и проектных организаций.

Табл. 8, ил. 1.

Р $\frac{30213-576}{047(01)-75}$ Инструкт.-норма г., 1 вып.—25—75

© Стройиздат, 1975

ПРЕДИСЛОВИЕ

Разработка «Рекомендаций по производству инженерно-геологической разведки» является продолжением работы по созданию системы документов, определяющих методические и организационные принципы основных комплексных видов инженерно-геологических работ, регламентированных главой СНиП II-А.13-69 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».

В первом разделе Рекомендаций приведены определения ряда основных понятий, связанных с инженерно-геологической разведкой, а также изложены некоторые положения, поясняющие место инженерно-геологической разведки в общей системе инженерно-геологических изысканий.

Рекомендации разработаны Производственным и научно-исследовательским институтом по инженерным изысканиям в строительстве (кандидаты геол.-мин. наук С. П. Абрамов, Л. И. Белявский, инж. В. И. Щербаков) и Московским ордена Трудового Красного Знамени геологоразведочным институтом им. С. Орджоникидзе (д-р геол.-мин. наук. проф. Н. В. Коломенский).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации устанавливают содержание, методы проведения и основные организационные принципы производства инженерно-геологической разведки.

1.2. Инженерно-геологическая разведка представляет собой комплекс инженерно-геологических работ на завершающих этапах инженерно-геологических изысканий, проводимый в пределах сферы взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой, т. е. тогда, когда точно установлено местоположение сооружения и определены его основные конструктивные особенности, а также режим эксплуатации.

1.3. Под сферой взаимодействия сооружения с геологической средой следует понимать массив грунтов, определяющий устойчивость сооружения и воспринимающий от него различного рода воздействия, приводящие к изменению напряженного состояния грунтов, их температурного и водного режимов.

1.4. Основной целью инженерно-геологической разведки является получение исходных количественных данных для расчета оснований и фундаментов сооружений или их среды и для количественного прогноза изменения геологической среды в процессе строительства и эксплуатации сооружений, в частности:

прогноза возникновения и хода развития инженерно-геологических процессов в сфере взаимодействия сооружений с геологической средой;

прогноза развития выявленных физико-геологических процессов;

прогноза изменения напряженного состояния массива грунтов, его температурного и водного режимов.

1.5. Общие задачи инженерно-геологической разведки сводятся к следующему:

к изучению геологического разреза оснований или среды сооружений;

определению физико-механических свойств грунтов оснований или среды, их водного и температурного режимов;

составлению инженерно-геологической модели оснований или среды сооружений;

установлению обобщенных значений показателей

физико-механических свойств грунтов в приложении к выделенным инженерно-геологическим элементам (или модели в целом).

1.6. Частные задачи инженерно-геологической разведки определяются в зависимости от назначения проектируемого сооружения, его конструктивных особенностей и режима эксплуатации, сложности инженерно-геологических условий участка строительства и степени их изученности.

1.7. Инженерно-геологический элемент — это часть массива грунтов (слой, часть слоя), однородная по возрасту, генезису, литологическому составу, показателям состояния и физико-механических свойств.

Инженерно-геологический элемент является основной структурной единицей инженерно-геологической модели основания или среды сооружения.

1.8. Инженерно-геологическая модель, составленная геологом, преобразуется проектировщиком в расчетную модель основания или среды сооружения. Основной структурной единицей расчетной модели является расчетный элемент. Взаимоотношение в пространстве расчетных элементов определяет структуру расчетной модели.

Расчетная модель позволяет количественно оценить инженерно-геологические процессы в основании или среде сооружения, а также обосновать выбор защитных мероприятий, в том числе и конструктивных, ограничивающих воздействие проектируемого сооружения на геологическую среду.

1.9. Расчетный элемент — это инженерно-геологический элемент или их группа, выделенная по характеру воздействия на них проектируемого сооружения и условиям работы в качестве основания сооружения или его среды. В расчетных схемах оснований или среды сооружений расчетный элемент условно принимается за единое целое, характеризуемое одним расчетным значением того или иного показателя физико-механических свойств грунтов.

1.10. Расположение в пространстве точек производства всех видов работ, входящих в состав инженерно-геологической разведки, образует систему инженерно-геологической разведки. Расстояния между этими точками — параметры системы инженерно-геологической разведки.

1.11. Составной частью системы инженерно-геологической разведки является система инженерно-геологического опробования, под которой следует понимать расположение в пространстве точек отбора образцов для изучения свойств грунтов и точек проведения полевых определений показателей свойств грунтов. Числовой характеристикой плотности расположения этих точек являются интервал и шаг опробования.

Интервалом называется расстояние между точками определения однотипных показателей свойств грунтов по вертикали (в разрезе буровой скважины, шурфа), а шагом — расстояние между этими точками по горизонтали.

1.12. Основная цель инженерно-геологического опробования при производстве инженерно-геологической разведки — получение обобщенных значений прямых показателей физико-механических свойств грунтов для каждого выделенного инженерно-геологического элемента с учетом возможности изменения этих свойств в процессе строительства и эксплуатации проектируемого сооружения.

1.13. Из основной цели инженерно-геологического опробования вытекают следующие его задачи:

установление параметров системы опробования;

отбор образцов из предварительно выделенных инженерно-геологических элементов;

установление перечня необходимых для проектных расчетов прямых определений показателей свойств грунтов;

выбор метода (способа, схемы) определения каждого показателя;

определение прямых показателей физико-механических свойств грунтов полевыми и лабораторными методами;

обработка результатов этих определений и окончательное выделение инженерно-геологических элементов;

вычисление обобщенных значений прямых показателей физико-механических свойств для каждого инженерно-геологического элемента;

установление гарантированных значений показателей с заданной доверительной вероятностью;

прогноз изменения состояния грунтов при строительстве и эксплуатации сооружения;

определение показателей свойств грунтов с учетом прогнозируемого изменения их состояния;

введение поправок в обобщенные или гарантированные значения показателей свойств грунтов на прогнозируемое изменение их состояния.

1.14. Общая методическая схема производства инженерно-геологической разведки сводится к следующему:

к анализу материалов, полученных на предыдущих этапах изысканий, применительно к назначению и конструктивным особенностям проектируемого сооружения или отдельных его частей;

установлению границ сферы взаимодействия сооружения с геологической средой;

формулированию задач инженерно-геологической разведки;

установлению системы инженерно-геологической разведки, в том числе системы опробования, и выбор параметров этих систем;

выбору методов производства инженерно-геологической разведки, в том числе методов опробования;

производству полевых и лабораторных работ;

текущей камеральной обработке получаемых материалов;

уточнению границ сферы взаимодействия сооружения с геологической средой, корректировке принятой системы инженерно-геологической разведки, ее параметров, а также методов производства работ;

окончательной камеральной обработке материалов, составлению инженерно-геологической модели основания или среды сооружения, разработке рекомендаций проектировщикам и строителям;

составлению общего заключения об инженерно-геологических условиях участка строительства.

1.15. Общая схема организации работ по инженерно-геологической разведке включает три основных периода:

подготовительный период;

период выполнения основных объемов работ по утвержденной программе;

заключительный период (завершающая обработка материалов и составление инженерно-геологического заключения).

1.16. В подготовительный период выполняются ра-

боты организационно-методического и организационно-технического содержания, конечной целью которых является составление программы (проекта) инженерно-геологической разведки и обеспечение запланированных работ материально-техническими средствами и кадрами исполнителей.

1.17. Период выполнения основных объемов работ по утвержденной программе охватывает время выполнения буровых, горных, геофизических, лабораторных, опытных и других видов работ, предусмотренных программой. В течение всего этого периода ведется также камеральная обработка материалов, получаемых в процессе выполнения запланированных работ, с целью оперативного управления этими работами — внесения необходимых изменений в системы инженерно-геологической разведки и опробования, остановки тех или других видов работ по достижении результата и т. д.

1.18. Заключительный период инженерно-геологической разведки наступает после завершения всех запланированных полевых и лабораторных работ, а также предварительной обработки полученных материалов. Главная задача периода — составление заключения, содержащего все сведения, предусмотренные программой, а также необходимые, с точки зрения инженера-геолога, рекомендации по учету влияния инженерно-геологических факторов на проектируемые сооружения.

1.19. Указанные периоды проведения инженерно-геологической разведки в практике проведения изысканий не всегда могут быть четко выделены во времени. В значительном числе случаев разрыва во времени между ними не бывает, так же как сам этап инженерно-геологической разведки не отделяется от предыдущих этапов изысканий. Однако эти периоды существуют объективно, и их важно выделять с целью оптимального планирования и управления процессом инженерно-геологической разведки.

2. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД

а) Общие положения

2.1. Программа производства инженерно-геологической разведки разрабатывается после получения технического задания, которое должно содержать исчерпы-

вающую характеристику конструктивных особенностей проектируемого сооружения и его точную привязку к местности. Содержание технического задания должно соответствовать главе СНиП II-А.13-69.

2.2. Программа составляется ответственным исполнителем работ и основными техническими специалистами соответствующего профиля в зависимости от предусматриваемых работ и методов их выполнения.

2.3. Программа инженерно-геологической разведки должна содержать три основных раздела: геолого-методический, производственно-технический и сметный.

2.4. Основное содержание геолого-методической части программы сводится к обоснованию объемов необходимых работ и методов их проведения, а также расчету трудовых и материальных затрат.

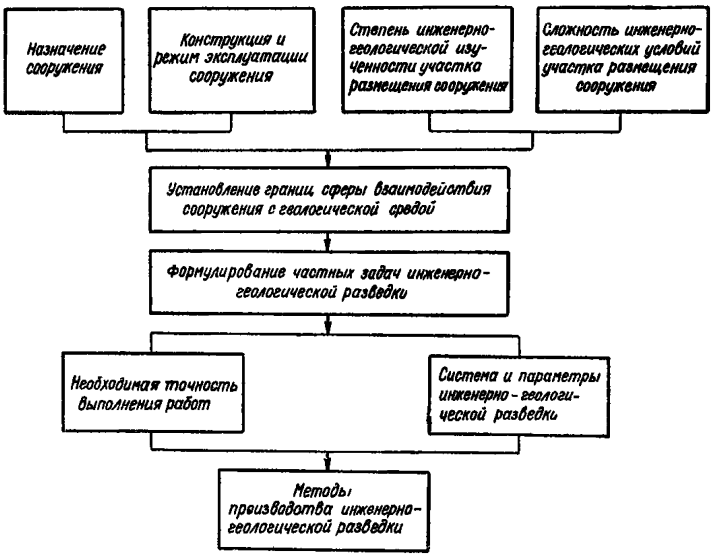
С целью проведения такого обоснования в программе должны быть проанализирована степень инженерно-геологической изученности с построением инженерно-геологической модели участка проектируемого сооружения, оценены сложность инженерно-геологических условий, взаимодействие проектируемого сооружения и геологической среды исходя из его назначения, конструкции и режима эксплуатации. На этой основе в программе определяются границы сферы взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой и формулируются задачи инженерно-геологической разведки. Границы выделенной сферы взаимодействия объективно определяют площадь и глубину проведения разведочных работ, а сформулированные задачи позволяют наметить систему инженерно-геологической разведки и ее параметры, т. е. определить, где и в каких местах необходимо вскрыть геологический разрез, произвести отбор проб грунтов для лабораторных испытаний, изучение свойств грунтов полевыми методами и т. д.

В этой части программы, исходя из необходимой точности проведения работ, должен быть обоснован метод или комплекс методов для решения сформулированных задач.

Заключительной частью геолого-методического раздела программы является сводная таблица запланированных объемов работ по их видам и методам выполнения. Принципиальная схема последовательности анализа факторов для определения задач инженерно-геоло-

Таблица 1

Принципиальная схема последовательности анализа факторов для определения задач инженерно-геологической разведки, параметров ее системы и методов проведения



гической разведки, параметров ее системы и методов проведения приведена в табл. 1.

2.5. Производственно-технический раздел программы содержит:

расчет трудовых и материальных затрат на производство инженерно-геологической разведки;

спецификацию необходимого оборудования, инструмента и материалов;

график производства работ;

особые требования к безопасному ведению работ в конкретных условиях проведения инженерно-геологической разведки.

2.6. Смета на производство работ, входящих в состав инженерно-геологической разведки, составляется по расценкам «Сборника цен на проектные и изыскательские работы для строительства, часть I. Цены на изыскательские работы». М., Стройиздат, 1967, а по видам работ, не отраженным в Сборнике,— прямым расчетом или по аналогии исходя из накопленного опыта.

2.7. Программа производства инженерно-геологической разведки, если она выполняется в качестве отдельного этапа изысканий, согласовывается с организацией-заказчиком и утверждается руководством изыскательской организации.

Производство инженерно-геологической разведки без согласованной и утвержденной программы не допускается.

2.8. Исходя из предусмотренных программой видов работ и их объемов, в соответствии с установленным сроком проведения инженерно-геологической разведки, на заключительном этапе подготовительного периода выполняется ряд организационно-технических мероприятий:

комплектование партии (отряда, группы) инженерно-техническим персоналом и рабочими;

комплектование необходимого оборудования, снаряжения, инструмента, транспортных средств и пр.;

организация и проведение транспортирования оборудования к месту проведения работ;

получение и отправка к месту работ в установленном порядке необходимого количества экземпляров топографической основы;

организация служебных (камеральных, лабораторных и др.) помещений, пунктов ночлега и питания для персонала в районе полевых работ;

организация снабжения механических средств горюче-смазочными материалами, электроэнергией, запчастями и т. д.;

организация хранения материальных ценностей (оборудования, снаряжения и др.) в районе проведения полевых работ.

Особое внимание должно быть уделено организации хранения образцов грунтов после отбора их из горных выработок и транспортированию в лабораторию (в соответствии с ГОСТ 12071—72 «Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов»).

б) Принципы и методы установления границ сферы взаимодействия сооружения с геологической средой

2.9. Границы сферы взаимодействия сооружения с геологической средой определяют площадь и глубину

проведения инженерно-геологической разведки, а в конечном итоге — ее систему и методы выполнения работ.

Границы сферы взаимодействия обоснованно могут быть установлены в том случае, если:

определено точное местоположение проектируемого сооружения;

разработаны его конструкция и режим эксплуатации;

выявлены и изучены основные черты геологического строения участка строительства и его гидрогеологических условий;

определено пространственное положение зон развития физико-геологических процессов, которые могут повлиять на устойчивость проектируемого сооружения;

выявлены и изучены причины возникновения физико-геологических процессов и предварительно разработан прогноз их развития.

2.10. Перечисленные в п. 2.9 сведения позволяют составить схему воздействия физических полей, вызываемых сооружением, на геологическую среду, а также прогнозировать возможное влияние геологической среды на проектируемое сооружение.

Составление схем взаимодействия физических полей на геологическую среду должно осуществляться по законам механики грунтов (силовое поле), теплофизики (тепловое поле), динамики подземных вод (поле фильтрации) и т. д.

2.11. Анализ соответствующих полей, расчеты и моделирование позволяют с достаточной для практики точностью определить характер воздействия проектируемого сооружения на геологическую среду, количественно оценить интенсивность вызываемых сооружением инженерно-геологических процессов, оконтурить зону их развития и тем самым установить границы сферы воздействия сооружения на геологическую среду. В простых инженерно-геологических условиях, если в разрезе основания сооружения отсутствуют грунты, обладающие специфическими свойствами (например, просадочностью), а на участке строительства сооружения отсутствуют неблагоприятные для данного сооружения физико-геологические процессы и водоносные горизонты, обладающие напором, то сфера воздействия сооружения на геологическую среду будет, как прави-

ло, соответствовать сфере взаимодействия сооружения с геологической средой.

2.12. При обосновании проектов зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения сфера воздействия проектируемого сооружения на геологическую среду в первом приближении может быть ограничена:

по площади — контуром расположения проектируемого здания или сооружения и территорией благоустройства вокруг него;

по глубине — величиной активной зоны, принимаемой в зависимости от типа фундамента и нагрузки на него по табл. 2.

Таблица 2

Ориентировочная величина активной зоны в зависимости от нагрузки на фундамент

Квадратный фундамент		Ленточный фундамент	
нагрузка на опору, Т	величина активной зоны, м	нагрузка на фундамент, Т/м	величина активной зоны, м
До 50	4—6	До 10	4—6
100	5—7	20	6—8
250	7—9	50	9—12
500	9—13	100	12—17
1500	12—19	200	17—20
5000	18—26		

Примечания: 1. Величина активной зоны отсчитывается от отметок предполагаемого заложения фундамента, а для свайных фундаментов — от нижних концов свай.

2. Бо́льшие величины активной зоны принимаются при наличии в грунтах основания грунтовых вод.

При обосновании проектов гидротехнических сооружений (плотин, дамб) величина активной зоны обычно принимается равной удвоенному напору.

2.13. В районах распространения просадочных грунтов сфера взаимодействия сооружения с геологической средой включает весь разрез, сложенный просадочными грунтами. Нижняя граница этой сферы совпадает или с положением уровня грунтовых вод, или с кровлей непросадочных грунтов, подстилающих просадочные.

2.14. Нижняя граница сферы взаимодействия в районах распространения вечномерзлых грунтов определяется расчетом. Однако ее положение не может быть выше зоны годовых колебаний температуры грунтов.

2.15. В районах распространения набухающих и засоленных грунтов положение нижней границы сферы взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой будет определяться положением в разрезе этих грунтов и водным режимом грунтовой толщи как существующим, так и прогнозируемым.

2.16. В районах развития карста положение нижней границы сферы взаимодействия будет, как правило, определяться глубиной залегания зоны активного развития карстового процесса.

2.17. При проектировании сооружения на оползневом склоне в срефу взаимодействия его с геологической средой практически должен включаться весь оползневый склон на глубину развития оползневого процесса.

Если сооружение располагается вблизи оползневого склона, то границы сферы взаимодействия устанавливаются на основе прогноза. Средняя скорость продвижения оползней в глубь склона может быть определена или путем стационарных наблюдений с последующей статистической обработкой полученных результатов, или путем сопоставления топопланов и аэрофотоснимков оползневого склона, выполненных в разные годы.

2.18. На перерабатываемых берегах морей, озер и водохранилищ границы сферы взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой по площади устанавливаются расчетными методами. Следует, однако, иметь в виду, что прогнозируемая расчетная скорость переработки берегов далеко не всегда соответствует наблюдаемой в действительности из-за недостаточно разработанной методики расчета.

2.19. Если в геологическом разрезе участка проектируемого строительства вскрыты водоносные горизонты, обладающие напором, то нижняя граница сферы взаимодействия устанавливается расчетом в зависимости от величины напора и глубины заложения фундаментов или величины заглубления подземных частей проектируемого сооружения.

2.20. Достоверность установления границ сферы взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой зависит от следующих факторов:

полноты и качества материалов изысканий предыдущего этапа, обосновывающего компоновку зданий и сооружений проектируемого комплекса (составление генерального плана объекта строительства, выбор ме-

стоположения отдельно стоящего здания, проложение трассы линейного сооружения);

определенности принятых проектных решений, главным образом в отношении типов и конструкций фундаментов, нагрузок на них, глубины заложения фундаментов и подземных частей зданий и сооружений, а также их конструкции;

опыта и интуиции ответственных исполнителей инженерно-геологической разведки.

в) Принципы выбора системы инженерно-геологической разведки и ее параметров

2.21. Система инженерно-геологической разведки и ее параметры устанавливаются в зависимости от следующих факторов:

назначения и конструкции сооружения;

сложности инженерно-геологических условий участка его возведения;

степени инженерно-геологической изученности этого участка.

2.22. Назначение сооружения определяет главным образом систему инженерно-геологической разведки. Так, например, при обосновании проектов линейных сооружений работы обычно концентрируются по выбранной трассе, при обосновании проектов жилых и общественных зданий — по их осям или контурам, при обосновании зданий и сооружений промышленного назначения — по осям фундаментов и т. д.

2.23. Конструкция сооружения в общей схеме определяет параметры системы инженерно-геологической разведки, так как местоположение точек вскрытия (изучения) геологического разреза, точек отбора образцов для определения физико-механических свойств грунтов основания или среды сооружения или точек испытания грунтов полевыми методами должно соответствовать местам приложения к основанию концентрированных (под отдельными опорами сооружения) и динамических нагрузок (под фундаментами станков и механизмов, вызывающих эти нагрузки), местам сопряжения нагрузок разного знака или разной интенсивности.

Места приложения концентрированных нагрузок или сопряжения нагрузок разного знака и разной ин-

тенсивности располагаются на расстояниях, равных или кратных строительному (конструктивному) модулю сооружения. Поэтому и расстояния между точками производства инженерно-геологических работ должны быть равны (или кратны) строительному модулю проектируемого сооружения.

2.24. Выбор системы инженерно-геологической разведки и ее параметров исходя из назначения и конструкции сооружения однозначно может быть осуществлен только в простых инженерно-геологических условиях (I категория сложности). В условиях средней и повышенной сложности (II и III категории) система инженерно-геологической разведки и ее параметры будут во многом определяться характером изучаемого массива грунтов.

2.25. В районах распространения грунтов, характеризующихся специфическими свойствами (просадочных, набухающих и др.), схема расположения точек производства работ и расстояния между точками помимо назначения и конструкции сооружения будут зависеть от условий залегания этих грунтов и их соотношения в разрезе с другими грунтами.

2.26. В районах развития физико-геологических процессов система инженерно-геологической разведки и ее параметры должны обеспечить получение достоверных исходных данных для количественной оценки влияния того или иного процесса на устойчивость проектируемого сооружения. Схемы расположения точек производства работ и расстояния между этими точками в подобных случаях будут также приниматься в основном по геологическим соображениям.

2.27. Если основание или среда сооружения характеризуется сложным строением (резкая незакономерная изменчивость мощности слоев грунтов, линзовидное залегание грунтов и т. д.), то система инженерно-геологической разведки и ее параметры должны обеспечить достоверное выделение в разрезе инженерно-геологических элементов и их качественное опробование. В этом случае местоположение точек производства работ помимо конструкции сооружения определяется также и геологическими соображениями.

2.28. Нормативные документы по инженерным изысканиям для основных видов строительства обычно регламентируют соответствующее увеличение количест-

ва горных выработок и сокращение расстояний между ними с возрастанием сложности инженерно-геологических условий строительства. Однако, как это показывают примеры, приведенные в пп. 2.25—2.27, местоположение дополнительных горных выработок и точек производства других видов работ должно определяться творчески, в зависимости от характера решаемой геологической задачи. Автоматическое сокращение расстояний между горными выработками и точками производства других видов работ с увеличением категории сложности инженерно-геологических условий строительства недопустимо.

2.29. Категории сложности инженерно-геологических условий строительной площадки (участка трассы) при производстве инженерно-геологической разведки рекомендуется устанавливать по табл. 3.

2.30. При выборе системы инженерно-геологической разведки и ее параметров необходимо учитывать степень изученности инженерно-геологических условий участка строительства проектируемого сооружения, так как в отдельных случаях часть задач инженерно-геологической разведки может быть решена без ее производства по материалам ранее выполненных изысканий под другие рядом расположенные объекты или по материалам крупномасштабной инженерно-геологической съемки, выполненной на предыдущем этапе изысканий под проектируемый объект. Задачи инженерно-геологической разведки всегда должны конкретизироваться и детализироваться применительно к инженерно-геологическим условиям возведения данного проектируемого сооружения и степени их изученности на данном участке.

Эти задачи, сформулированные для конкретных инженерно-геологических условий при проведении работ для проектирования конкретного сооружения, можно определить как частные задачи инженерно-геологической разведки.

Формулировка частных задач должна осуществляться на основе анализа фактического материала, имеющегося в распоряжении геолога до начала производства инженерно-геологической разведки, и сопоставления его с общими задачами разведки.

Если, например, имеющийся фактический материал позволяет построить достоверную инженерно-геологиче-

Таблица 3

Категории сложности инженерно-геологических условий строительной площадки (участка трассы)

Группа факторов	Категории сложности и их характеристика		
	I категория	II категория	III категория
Геоморфологическая	Строительная площадка (участок трассы) располагается в пределах одного геоморфологического элемента	Строительная площадка (участок трассы) располагается в пределах группы геоморфологических элементов одного и того же генезиса	Строительная площадка (участок трассы) располагается в пределах группы геоморфологических элементов разного генезиса
	Поверхность геоморфологического элемента ровная или слабо наклонная. Планировочные работы не проектируются	Поверхность геоморфологических элементов ровная или слабо наклонная. При проектировании возможно использование форм рельефа. Планировочные работы проектируются в небольшом объеме	Поверхность геоморфологических элементов резко расчлененная. Планировочные работы проектируются в большом объеме
Геологических условий	В сфере взаимодействия сооружений с грунтами залегает не более двух различных по литологии слоев Мощность слоев выдержана по простиранию	В сфере взаимодействия сооружений с грунтами залегает не более трех различных по литологии слоев Мощность слоев изменяется по простиранию закономерно	В сфере взаимодействия сооружений с грунтами залегает более трех различных по литологии слоев Мощность слоев резко изменяется по простиранию. Линзовидное залегание грунтов

Геологических условий	Показатели физико-механических свойств грунтов выдержаны в пределах слоя. Скальные грунты залегают с поверхности или перекрыты маломощным слоем нескальных грунтов	Показатели физико-механических свойств грунтов в пределах слоя изменяются закономерно. Скальные грунты имеют неровную кровлю и перекрыты одним-двумя слоями нескальных грунтов	Показатели физико-механических свойств грунтов в пределах слоя изменяются резко или незакономерно. Скальные грунты имеют резко расчлененную кровлю и перекрыты нескальными грунтами
Гидрогеологическая	Грунтовые воды отсутствуют или имеется один выдержанный горизонт грунтовых вод, уровень которого располагается ниже отметок заложения фундаментов	Уровень грунтовых вод залегает выше отметок заложения фундаментов. Имеется несколько горизонтов грунтовых вод	Горизонты грунтовых вод не выдержаны по простиранию. В линзах и карманах грунтовые воды обладают местным напором
	Горизонты подземных вод, обладающих напором, отсутствуют	Имеется один выдержанный горизонт подземных вод, обладающий напором	Горизонты подземных вод, обладающие напором, не выдержаны по простиранию
Физико-геологических процессов и явлений	Физико-геологические процессы и явления, отрицательно влияющие на устойчивость проектируемых зданий и сооружений, отсутствуют	Физико-геологические процессы и явления, влияние которых необходимо учитывать при проектировании зданий и сооружений, имеют локальное распространение	Физико-геологические процессы и явления имеют повсеместное распространение. Имеются случаи деформаций зданий и сооружений, вызванных проявлением физико-геологических процессов

скую модель основания или среды проектируемого сооружения и охарактеризовать физико-механические свойства выделенных инженерно-геологических элементов, то частная задача инженерно-геологической разведки сводится к проверке выполненных построений. Это значит, что система проведения инженерно-геологической разведки и параметры этой системы должны быть подчинены решению только этой задачи.

Если же имеющийся фактический материал не позволяет решить ни одной общей задачи инженерно-геологической разведки, то выбор ее системы и параметров полностью определяется назначением и конструкцией сооружения и сложностью инженерно-геологических условий его возведения.

2.31. Одновременно с системой инженерно-геологической разведки и ее параметрами должны быть установлены система и параметры инженерно-геологического опробования. Обе эти системы и их параметры должны быть увязаны между собой таким образом, чтобы для каждого выделяемого инженерно-геологического элемента можно было получить обобщенные значения физико-механических свойств с заданной (или установленной для данного типа сооружения) доверительной вероятностью, т. е. их гарантированные значения.

2.32. При определении местоположения точек вскрытия (изучения) геологического разреза и точек производства других видов работ необходимо учитывать местоположение ранее пройденных шурфов и скважин, точек производства геофизических, зондировочных работ, выполненных на данном участке при производстве изысканий под другие объекты строительства или на предыдущих этапах изысканий под проектируемый объект.

2.33. После того как установлены границы сферы взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой, сформулированы частные задачи инженерно-геологической разведки, выбраны ее система и параметры, в том числе система и параметры опробования, приступают к выбору методов производства работ.

При выборе методов исходят из необходимой (установленной или заданной) точности выполнения того или иного вида работ, условий применимости каждого метода.

г) Виды работ и методы их выполнения

2.34. В комплексе работ при инженерно-геологической разведке используются следующие их виды:

проходка горных выработок (шурфов, скважин, штолен и т. д.);

геофизические работы;

отбор, упаковка и транспортирование образцов грунтов и проб подземных вод;

определение показателей свойств грунтов лабораторными методами;

определение показателей свойств грунтов полевыми методами;

стационарные наблюдения за режимом подземных вод, развитием физико-геологических и инженерно-геологических процессов;

опытные полевые работы;

камеральные работы.

В зависимости от сложности задач инженерно-геологическая разведка может включать как все перечисленные виды работ, так и часть из них.

2.35. Основными типами горных выработок при производстве инженерно-геологической разведки являются скважины и шурфы. В сложных геологических условиях, при изысканиях для обоснования проектов особо ответственных и уникальных сооружений, могут также использоваться шахты и штольни.

Выбор типа выработок, их размера и способа проходки обосновывается исходя из целей их проходки и инженерно-геологических условий на исследуемой площади.

2.36. Основные цели проходки горных выработок при проведении инженерно-геологической разведки следующие:

уточнение геологического разреза в сфере взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой;

отбор образцов грунтов и подземных вод для полевого и лабораторного изучения их свойств;

определение показателей свойств грунтов полевыми методами;

проведение стационарных наблюдений за водно-температурным режимом грунтов в сфере взаимодействия

Таблица 4

Рекомендуемые способы проходки скважин для уточнения геологического разреза и отбора образцов грунтов и подземных вод

Вид бурения	Способ бурения		Виды грунтов
Колонковый	С промывкой водой		Скальные и полускальные монолитные и слабо трещиноватые, в том числе мерзлые
	С промывкой глинистым раствором		Скальные и полускальные трещиноватые и кавернозные, в том числе мерзлые
	Без промывки (всухую и безнасосным способом)		1. Глинистые твердой, полутвердой и пластичной консистенции 2. Песчаные плотные 3. Песчаные и глинистые в мерзлом состоянии, имеющие температуру —3°С и ниже
	С промывкой охлажденным солевым раствором		1. Скальные трещиноватые и кавернозные мерзлые, содержащие лед в трещинах и пустотах 2. Песчаные и глинистые в мерзлом состоянии, имеющие температуру —3°С и выше
	С продувкой охлажденным воздухом [1]		Скальные и полускальные монолитные и слаботрещиноватые мерзлые
Шнековый	Кольцевым забоем		Глинистые полутвердой и пластичной консистенции
Ударно-канатный	Кольцевым забоем	Забивной	Глинистые полутвердой пластичной и текучей консистенции
		Клюющий	1. Глинистые пластичной консистенции 2. Лёссовидные 3. Лёссы

Продолжение табл. 4

Вид бурения	Способ бурения	Виды грунтов
Ударно-канатный	Сплошным забоем с опережающей обсадкой	1. Крупнообломочные обводненные и необводненные 2. Песчаные обводненные и необводненные
Вибрационный	Вибратором	1. Обводненные песчаные 2. Глинистые пластичной и текучей консистенции
	Вибромолотом	1. Глинистые твердой и полутвердой консистенции 2. Песчаные плотные 3. Крупнообломочные

[1] Используется редко, так как требует достаточно сложного оборудования.

проектируемого сооружения с геологической средой и режимом физико-геологических процессов.

Особенно тщательно следует обосновывать способ проходки и размеры горных выработок, проходимых специально для уточнения геологического разреза и отбора образцов грунта на лабораторные определения их свойств. Опыт производства инженерно-геологических изысканий показывает, что минимальными диаметрами скважин, проходимых для этих целей, должны быть:

в песчано-глинистых грунтах — не менее 108 мм;

в скальных грунтах — не менее 89 мм.

Способ проходки скважин следует выбирать исходя из рекомендаций табл. 4.

Способ проходки шурфов в зависимости от конкретных геологических условий может быть буровым или горным.

Способ проходки выработок для определения показателей свойств грунтов полевыми методами и стационарных наблюдений выбирается исходя из условия минимального нарушения естественного сложения и со-

стояния грунтов в зоне, непосредственно примыкающей к выработке, и технико-экономических показателей проходки для различных геологических условий.

Выбор станков и оборудования для проходки горных выработок, а также технология производства горных и буровых работ должны соответствовать требованиям действующих нормативных документов и методических рекомендаций.

2.37. Высокая точность установления границ слоев грунтов различного литологического состава достигается при описании геологического разреза в шурфах, проходимых как горным, так и буровым способом. При бурении скважин малого диаметра, когда невозможно непосредственно осматривать стенки скважины, точность фиксирования положения границ слоев может существенно колебаться. В качестве примера величины колебания положения границ слоев, полученных при разных способах бурения, в табл. 5 приведены результаты исследований, выполненных на территории Полтавской, Ярославской и Ивановской областей, где широкое распространение имеют покровные, моренные, лёссовидные суглинки и глины.

Из таблицы видно, что для геологических условий районов проведения данного эксперимента наибольшей точностью обладают вибрационный и ударно-канатный кольцевым забоем способы проходки скважин.

Приведенные данные могут рассматриваться как предварительные. Они требуют уточнения для каждого конкретного типа геологических условий. Документация горных выработок, установление интервалов опробования скважин, документация отобранных образцов и их упаковка при инженерно-геологической разведке должны проводиться только техником-геологом под непосредственным руководством и контролем инженера-геолога.

2.38. Геофизические работы при инженерно-геологической разведке приводятся как с целью изучения и уточнения геологического разреза (положения в пространстве границ слоев различного состава и уровня подземных вод), так и с целью определения показателей некоторых свойств грунтов.

Геофизические работы при инженерно-геологической разведке должны проводиться только в комплексе с другими видами работ (горными и буровыми, лабора-

Таблица 5

Величина колебаний положения границ слоев, полученных разными способами бурения

Способ бурения	Случаи соотношения слоев по плотности*	Точность определения положения контактов слоев, м	Средняя мощность одного пропущенного слоя, м
Вибрационный	I II III	±0,11 ±0,12 ±0,10	0,1
Ударно-канатный кольцевым забоем — забивной	I II III	±0,19 ±0,29 ±0,19	0,18
То же, клюющий	I II III	±0,22 ±0,15 ±0,31	0,17
Колонковый «всухую»	I II III	±0,22 ±0,20 ±0,24	0,22
Колонковый безнасосный	I II III	±0,27 ±0,36 ±0,38	0,3
Шнековый поточный	I II III	±0,45 ±0,66 ±0,47	0,38
Шнековый рейсовый	I II III	±0,33 ±0,41 ±0,33	0,2

* I — верхний слой более плотен, чем нижний;
II — плотность слоев примерно одинакова;
III — верхний слой менее плотен, чем нижний.

торными и полевыми определениями показателей свойств грунтов и т. д.).

В зависимости от задач, поставленных перед геофизическими работами, и конкретных геологических усло-

вий территории проведения разведки выбирается комплекс геофизических методов, позволяющих уточнить пространственную модель инженерно-геологических условий, построенную по результатам других методов. Геофизические методы позволяют проследить некоторые элементы инженерно-геологической модели на участках между точками их изучения другими способами и тем самым достигнуть высокой точности построения этой модели.

2.39. При использовании геофизических методов с целью уточнения и изучения геологического разреза во всем многообразии природных условий наиболее эффективными являются методы электроразведки на постоянном токе или переменных токах высокой частоты, в частности методы вертикального электрического зондирования и электропрофилирования. Остальные методы частично из-за низкой разрешающей способности, частично из-за слабо разработанной методики интерпретации в настоящий момент не могут быть рекомендованы для использования при инженерно-геологической разведке. Однако в целом ряде случаев, например для изучения некоторых свойств грунтов в лаборатории и в массиве, эти методы являются достаточно эффективными. Опыт института Гидропроект показывает высокую эффективность сейсмоакустических методов для оценки степени трещиноватости массивов скальных грунтов, являющихся как средой, так и основанием гидротехнических сооружений, а также для оценки показателей механических свойств скальных грунтов. Метод термометрии скважин является единственным методом, позволяющим с высокой степенью достоверности определить естественное температурное поле в основании сооружений, проектируемых в районах распространения вечномерзлых грунтов. В отдельных случаях для определения естественной влажности и плотности (объемного веса) грунтов достаточно эффективными являются радиоизотопные методы.

При проведении инженерно-геологической разведки для обоснования проектирования сооружений глубокого заложения (свыше 50—75 м) важное значение приобретает различного вида каротаж скважин.

2.40. Метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) применяется для решения следующих задач:

выделения в геологическом разрезе грунтов различного литологического (петрографического) состава;

выделения в геологическом разрезе грунтов, находящихся в различном состоянии по плотности, влажности, температуре, степени льдистости и др.;

оценки степени коррозионной активности грунтов по отношению к материалу проектируемых сооружений.

Метод электрического профилирования (ЭП) используется при необходимости:

прослеживания (картирования) слоев грунтов однородного состава и состояния;

выявления фациальных границ и границ (переходных зон) изменения состояния грунтов по влажности, температуре и др.;

определения положения в пространстве выделенных границ и переходных зон;

оценки степени коррозионной активности грунтов.

Общими условиями применения методов ВЭЗ и ЭП являются:

достаточная по величине разница в удельных электросопротивлениях изучаемых геологических объектов, в частности слоев грунтов различного состава и состояния;

соизмеримое соотношение глубины изучения разреза электроразведкой и размеров изучаемых геологических объектов.

Чем выше разница в электросопротивлениях, тем выше эффективность методов ВЭЗ и ЭП.

При малых глубинах изучения разреза (20—30 м) разрешающая способность методов ВЭЗ и ЭП существенно выше, чем при больших. Опыт показывает, что при достаточной разнице в удельных электросопротивлениях грунтов (3—5 раз) на глубинах до 30 м достаточно уверенно выделяются и прослеживаются слои мощностью около 1 м. Точность фиксации положения границ между различными грунтами в этих же условиях может колебаться в пределах 0,5—1,5 м.

Приведенные данные по разрешающей способности методов ВЭЗ и ЭП не являются абсолютными и зависят не только от геологических условий, но и от субъективных факторов (накопленного опыта и квалификации исполнителя работ).

Как правило, методы ВЭЗ и ЭП применяются совместно.

Общая схема проведения электроразведочных работ сводится к следующему.

По ландшафтным и геологическим признакам участок размещения проектируемого сооружения делится на части, в пределах которых проводится вертикальное электрическое зондирование в одной или двух точках до глубины, определяемой поставленной задачей. По результатам проведенного зондирования и с учетом поставленной задачи выбираются параметры и типы установок для электрического профилирования. Затем проводится электропрофилирование в полном его объеме. На основании карт изоом, построенных по результатам профилирования, выбираются точки или направления профилей для электрического зондирования, после выполнения которого производится совместная обработка результатов тех и других измерений.

В сложных геологических условиях (изменчивый фациальный состав грунтов, частое их переслаивание в разрезе, наличие поверхностных или погребенных карстовых форм, прерывистое распространение вечномерзлых грунтов и т. д.) можно повысить разрешающую способность метода электроразведки применением различных модификаций этого метода, например: для ВЭЗ — двухэлектродных или дипольных установок, крестового или кругового способа зондирования и др.; для ЭП — двух- или трехэлектродных, комбинированных или дипольных установок. В особо сложных случаях хороший эффект дает метод двух составляющих.

Полевая документация и первичная обработка полевых геофизических работ проводятся в соответствии с существующими инструктивно-методическими документами. Следует подчеркнуть необходимость постоянной и тесной связи геофизической группы с руководителями изыскательской партии (отряда) во время проведения полевых работ. Эта связь должна осуществляться постоянно путем взаимного обмена информацией о предварительных результатах работ, проводимых разными методами, что позволит оперативно вносить изменения в план производства инженерно-геологической разведки и получать хорошие результаты с меньшими материальными и трудовыми затратами. Окончательными отчетными материалами по результатам электроразведочных работ являются геоэлектрические карты и разрезы. Геологическое содержание геоэлект-

рических карт и разрезов должно быть согласовано с результатами работ, полученными другими методами. Эти карты и разрезы используются при составлении инженерно-геологических отчетов и заключений.

2.41. Отбор и упаковка образцов грунтов для геологического описания и лабораторных определений показателей свойств при инженерно-геологической разведке производятся в соответствии с ГОСТ 12071—72.

2.42. Методы определения показателей свойств грунтов подразделяются на полевые и лабораторные.

Большинство показателей свойств грунтов может определяться как полевыми, так и лабораторными методами, часть показателей может быть определена только лабораторными методами. Для некоторых типов грунтов определение показателей их свойств можно произвести только полевыми методами.

Выбор метода определения показателей свойств грунтов при инженерно-геологической разведке зависит от заданной (или установленной) точности этого определения, от инженерно-геологических условий участка проектируемого строительства, в первую очередь состава и состояния грунтов, от конструкции проектируемого сооружения, главным образом конструкции фундаментов и заглубляемой ниже поверхности земли части сооружения, а также режима его эксплуатации.

При выборе методов определения показателей свойств грунтов следует учитывать также следующее. Полевые методы дают возможность изучения свойств грунтов в больших объемах и в условиях их естественного залегания. В то же время производство полевых определений требует относительно сложного оборудования и значительных объемов подготовительных работ. Кроме того, в большинстве случаев полевые определения не позволяют моделировать условия работы грунтов в процессе строительства и эксплуатации сооружений, что осложняет прогнозную оценку поведения грунтов как среды или основания сооружения.

Лабораторные методы наряду с возможностью изучения свойств грунтов естественного сложения (из монолитов) позволяют изучать эти свойства в заданном режиме давлений, влажности и температуры, позволяют при проведении определений создать условия, в которых грунт может находиться как в процессе строительства, так и в процессе эксплуатации сооружений, т. е.

существенно упростить инженерно-геологический прогноз. Сравнительная с полевыми методами простота лабораторных определений уменьшение трудовых и материальных затрат на одно определение позволяют увеличивать их количество и путем статистической обработки частных значений показателя повысить точность конечного результата. Поскольку полевые и лабораторные методы имеют свои преимущества и недостатки, их следует применять в комплексе.

2.43. Некоторые методы определения свойств грунтов стандартизованы и технология их проведения регламентирована. В случаях расхождения природных условий и режима эксплуатации сооружений с условиями государственных стандартов необходимо проводить опытно-экспериментальные работы с привлечением в качестве консультантов представителей научно-исследовательских организаций, а выбор метода или способа определения свойств грунтов обосновывать в программах работ.

2.44. Удельный вес грунта определяется лабораторным методом в соответствии с ГОСТ 5181—64 «Грунты. Метод лабораторного определения удельного веса».

2.45. Объемный вес грунтов определяется лабораторными методами в соответствии с ГОСТ 5182—64 «Грунты. Методы лабораторного определения объемного веса».

Объемный вес макропористых грунтов рекомендуется определять только методом режущего кольца.

Объемный вес крупнообломочных грунтов определяется в полевых условиях по методике А. И. Шеко путем взвешивания измеренного объема грунта.

2.46. Влажность грунта определяется лабораторными или полевыми методами. Лабораторный метод определения влажности грунта регламентирован ГОСТ 5179—64 «Грунты. Метод лабораторного определения влажности».

Примечание. В настоящее время разработаны методы полевого определения плотности и влажности грунта в естественных условиях их залегания с помощью радиоизотопов. Однако недостаточный опыт использования радиоактивных методов на завершающем этапе изысканий, каким является инженерно-геологическая разведка, не позволяет рекомендовать использование этих методов без сочетания с лабораторными.

2.47. Показатели пластичности — пределы раскатывания и текучести — определяются в соответствии с ГОСТ 5183—64 «Грунты. Метод лабораторного определения границы раскатывания» и ГОСТ 5184—64 «Грунты. Метод лабораторного определения границы текучести».

2.48. Пористость грунта определяется обычно расчетом по результатам определения удельного и объемного весов грунта либо лабораторными методами путем прямого определения. Наиболее распространенным лабораторным методом определения пористости песчаных, скальных и полускальных грунтов является метод насыщения измеренного объема грунта жидкостью с известным удельным весом.

2.49. Гранулометрический состав грунтов определяется в лаборатории в соответствии с ГОСТ 12536—67 «Грунты. Метод лабораторного определения зернового (гранулометрического) состава».

Если необходимо установить в глинистом грунте наличие и количество неустойчивых агрегатов, производят анализ двух образцов из одной пробы с подготовкой одного образца к анализу по ГОСТ 12536—67, а другого — с пирофосфатом натрия.

2.50. Водопроницаемость грунтов определяется коэффициентом фильтрации, коэффициентом общей проницаемости и удельным водопоглощением. В практике инженерно-геологических изысканий в подавляющем числе случаев определяется коэффициент фильтрации, реже используется удельное водопоглощение и только при изысканиях для строительства некоторых горных предприятий, подземных емкостей и др. может использоваться для различного рода расчетов коэффициент общей проницаемости.

В табл. 6 перечислены основные лабораторные и полевые методы определения коэффициента фильтрации и указаны границы их использования применительно к различным грунтам.

Выбор метода определения коэффициента фильтрации зависит от геологических (гидрогеологических) условий участка проектируемого строительства и задач, поставленных перед изысканиями. Так, в условиях близкого к поверхности залегания грунтовых вод и относительно высокой водопроницаемости грунтов следует применять метод опытных откачек. При очень

Таблица 6

Лабораторные и полевые методы определения коэффициента фильтрации

Лабораторные			Полевые	
Прямые	Косвенные	Виды грунтов	Прямые	Виды грунтов
Прибор Г. Н. Каменского	—	Песчаные и глинистые нарушенного и ненарушенного сложения	Опытные откачки из скважин и шурфов	Все виды, кроме глин и суглинков
Прибор Г. Тиме	—	Песчаные нарушенного сложения	Опытные наливы в шурфы	Песчаные и глинистые, кроме глин при глубоком залегании уровня грунтовых вод (4—6 м)
Трубка Г. Н. Каменского	—	То же		
Прибор КФЗ (трубка «Спецгео»)	—	Песчаные и глинистые ненарушенного и нарушенного сложения	Опытные нагнетания воды в скважину	Скальные, полускальные, трещиноватые и сухие гравийно-галечниковые
Прибор ПВ	—	Глинистые ненарушенного и нарушенного сложения		
—	По результатам гранулометрического анализа	Песчаные однородные	Наблюдения за восстановлением уровня воды в скважинах	Все виды
	По результатам компрессионных испытаний	Глинистые ненарушенного и нарушенного сложения		

высокой водопроницаемости грунтов, например валунно-галечниковых отложений,— методы нагнетания или налива воды в скважины. Если грунтовые воды находятся на глубине более 4—6 м, то коэффициент фильтрации зоны аэрации лучше определять методом налива воды в шурфы. Определение коэффициента фильтрации грунтов для проектирования водоотлива из котлованов следует проводить только методом опытных откачек. Общая оценка фильтрационных свойств грунтов участка проектируемого строительства может быть выполнена для песчаных грунтов методом расчета по гранулометрическому составу либо наблюдением за восстановлением уровня воды в скважинах. При необходимости оценки прогноза подтопления площадки, сложенной грунтами, наилучшие результаты определения коэффициента фильтрации могут быть получены при проведении опытов в компрессионно-фильтрационных приборах.

2.51. Показателями, характеризующими деформационные свойства грунтов, являются модуль упругости E, модуль общей деформации E_0, коэффициент бокового давления ξ, коэффициент сжимаемости α и коэффициент относительной сжимаемости a_0.

В практике инженерно-геологических изысканий наиболее часто определяется модуль общей деформации (или «модуль деформации») и коэффициент сжимаемости. Реже определяется коэффициент бокового давления, главным образом для расчета устойчивости стенок и кровли подземных горных выработок.

2.52. Модуль общей деформации грунтов может быть получен как по результатам лабораторных, так и полевых определений.

В лабораторных условиях применяются:

а) для скальных и полускальных грунтов — метод одноосного сжатия;

б) для песчаных и глинистых грунтов — метод компрессионных испытаний [1].

В полевых условиях для всех видов грунтов применяются методы статических нагрузок и прессиометрии.

2.53. Метод одноосного сжатия для определения модуля деформации грунтов не стандартизован. Опреде-

[1] Этим же методом определяется коэффициент сжимаемости грунтов a и коэффициент относительной сжимаемости a_0.

ления E_0 для скальных грунтов могут производиться как на образцах круглого сечения ($d \doteq 40$—45 мм), так и квадратного (со сторонами 40—45 мм). Высота образца должна быть в 2,5—3 раза больше диаметра круглого или стороны прямоугольного образца.

Для полускальных грунтов и глинистых грунтов твердой консистенции могут использоваться керн диаметром и высотой 40—45 мм или кубики размером $50 \times 50 \times 50$ мм.

При подготовке образцов следует особо следить за качеством пришлифовки рабочих поверхностей и их параллельностью, а при производстве опыта — за точностью измерения величины деформации по измерительным приборам и правильной центровкой образца, так как именно эти факторы являются главными источниками ошибок.

Технология проведения опытов по определению модуля деформации методом одноосного сжатия наиболее полно изложена в методическом руководстве В. Д. Ломтадзе [1].

2.54. Метод компрессионных испытаний наиболее распространен для определения сжимаемости грунтов и последующего расчета модуля общей деформации.

Непосредственно по результатам компрессионных испытаний определяется коэффициент сжимаемости и коэффициент относительной сжимаемости.

Испытания образцов проводят либо по нормальной, либо по специальным схемам.

Нормальная схема дает возможность получить общую характеристику деформационных свойств и величины прочности структурных связей, коэффициента сжимаемости, коэффициента относительной сжимаемости, скорости уплотнения грунтов под заданной нагрузкой и т. д.

Специальные схемы применяются либо для изучения деформационных свойств грунтов в заданных условиях, исходя из конструктивных особенностей проектируемого сооружения и режима его строительства и эксплуатации, либо при изучении грунтов нарушенной структуры, определения просадочности лёссовых и набухаемости глинистых грунтов.

---

[1] В. Д. Ломтадзе. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств горных пород. Л., «Недра», 1972.

Метод компрессионных испытаний может быть использован для всех видов песчаных и глинистых грунтов естественного и нарушенного сложения, не содержащих грубообломочного материала.

Основные схемы компрессионных испытаний и определений сопротивления сдвигу приведены в табл. 7.

Главными источниками ошибок при проведении компрессионных испытаний являются:

нестрогая параллельность торцевых поверхностей образца;

зазоры между образцом и кольцом прибора;

неровности на торцевых и боковых стенках образца, помещенного в кольцо.

2.55. Расчет модуля деформации по результатам компрессионных испытаний производится по формуле

$$E_0 = \beta \frac{1 + \varepsilon_1}{a},$$

где E_0 — модуль общей деформации, кгс/см^2;

ε_1 — коэффициент пористости, соответствующий по компрессионной кривой нагрузке σ_1;

a — коэффициент сжимаемости, определяемый для интервала нагрузок σ_1—σ_2, см^2/кгс;

β — коэффициент, физический смысл которого определяется особенностями поведения грунта при сжатии в условиях невозможности бокового расширения в отличие от естественных условий залегания. Численно β равно: для глин — 0,43, для суглинков — 0,57, для супесей — 0,72 и для песков — 0,26.

2.56. Метод статических нагрузок имеет две модификации — пробные нагрузки в шурфах, котлованах, штольнях и пробные нагрузки в скважинах. Выбор модификации метода зависит главным образом от необходимости проведения испытания на определенной глубине.

Метод статических нагрузок может быть использован для определения модуля деформации всех без исключения грунтов. Однако ГОСТ 12374—66 «Грунты. Метод полевого испытания статическими нагрузками» распространяется только на крупнообломочные, песчаные и глинистые грунты (кроме глинистых, просадочных и набухающих грунтов, а также глинистых грунтов текучей консистенции с коэффициентом пористости $\varepsilon \geqslant 1{,}5$).

Таблица 7

Основные схемы испытаний глинистых грунтов лабораторными методами при инженерно-геологических изысканиях

Номенклатурный вид грунта и его физическое состояние	Компрессионные испытания		Сопротивление сдвигу	
	схема испытаний	область применения	схема испытаний	область применения
1	2	3	4	5
текучий $B>1$; текучепластичный $0,75<B<1$	Под водой малыми ступенями нагрузок	Для слабых водонасыщенных грунтов и грунтов, залегающих ниже уровня грунтовых вод	1. Быстрый сдвиг в естественном состоянии (без предварительного уплотнения) малыми вертикальными нагрузками	Применяется для оценки прочности грунтов в начале строительного периода, когда отсутствует консолидация грунта под нагрузкой
мягкопластичный $0,5<B\leqslant 0,75$	а) без заливки воды	Для грунтов, залегающих выше и ниже уровня грунтовых вод	2. Медленный сдвиг с предварительным уплотнением (уплотнение производится малыми ступенями нагрузок)	Схема соответствует периоду строительства или эксплуатации сооружения, когда в условиях возможности дренирования происходит полная консолидация грунта под нагрузкой
тугопластичный $0,25<B\leqslant 0,5$	б) с насыщением водой в условиях неизменного или ограниченного объема;	Для грунтов, претерпевающих увлажнение в период строительства и эксплуатации сооружений	1. Быстрый или ускоренный сдвиг в естественном состоянии, без предварительного уплотнения	Схема соответствует началу строительного периода, когда нет консолидации грунта под нагрузкой

полутвердый $0<B\leqslant 0{,}25$	в) в условиях свободного набухания и последующего сжатия	Для оценки поведения грунта в котлованах, простоявших длительное время открытыми до возведения сооружений (толща грунта претерпевает разгрузки)	2. Медленный сдвиг с предварительным уплотнением (без воды)	Схема применяется для оценки прочности грунтов после их полной консолидации под нагрузками от сооружения, без взаимодействия грунтов с водой (конец строительного периода и период эксплуатации)
твердый $B<0$			Медленный сдвиг без предварительного уплотнения	Схема соответствует поведению грунта в основании сооружений при обычных нагрузках (без водонасыщения)
Набухающий	а) с насыщением водой в условиях неизменного или ограниченного объема	Для оценки свойств набухающих грунтов, испытывающих дополнительное водонасыщение в условиях строительства	1. Быстрый или ускоренный сдвиг после предварительного свободного набухания	Применяется для оценки прочности набухающих грунтов в котлованах и откосах выемок
	б) в условиях свободного набухания и последующего сжатия		2. Быстрый, ускоренный или медленный сдвиг после ограниченного набухания (под заданными нагрузками)	Применяется для оценки прочности набухающих грунтов, взаимодействующих с водой, под нагрузками от сооружения

Продолжение табл. 7

Номенклатурный вид грунта и его физическое состояние	Компрессионные испытания		Сопротивление сдвигу	
	схема испытаний	область применения	схема испытаний	область применения
1	2	3	4	5
Просадочные	а) по методу двух кривых при ступенчатом нагружении	Для предварительной оценки величины просадочности	1. Быстрый или медленный сдвиг грунтов в естественном состоянии (в зависимости от состояния и прочности грунтов)	Применяется для оценки прочности в их естественном физическом состоянии до замачивания
	б) по методу одной кривой при ступенчатом нагружении под несколькими нагрузками	Для получения величины просадочности	2. Медленный сдвиг после уплотнения и водонасыщения	Применяется для оценки прочности в стадии послепросадочных деформаций (в условиях замачивания и длительной эксплуатации сооружения)
	в) по методу одной кривой при ступенчатом нагружении при длительных компрессионных испытаниях с непрерывной фильтрацией	Для определения величины послепросадочных деформаций	Примечание. Для оценки сопротивления сдвигу грунтов в стадии просадочных деформаций рекомендуется проводить быстрый сдвиг под малыми вертикальными нагрузками после замачивания грунта.	

Для всех других грунтов (скальных, нескальных мерзлых, высокопористых глинистых текучей консистенции) схема испытаний статическими нагрузками и технология этих испытаний должны устанавливаться опытным путем с учетом условий работы грунта в основании сооружения или его среды.

Имеющиеся в практике изысканий установки для проведения статических нагрузок позволяют проводить испытания до глубины 10 м.

Обязательными условиями проведения опыта являются следующие:

сохранность природного сложения грунтов под штампом;

передача нагрузки на подошву штампа строго по его центру;

постоянство режима температуры и влажности грунтов в зоне действия штампа в процессе опыта;

строгое соблюдение режима нагрузок, определенного программой.

Проведение опыта статическими нагрузками должно предваряться бурением скважины на расстоянии 5—10 м (в зависимости от сложности строения геологического разреза) от точки проведения опыта с детальным послойным описанием состава грунтов. Глубина скважины должна определяться глубиной проведения опыта плюс 2 м (ориентировочная максимальная глубина влияния опыта).

При проведении опыта в шурфах с глубины установки подошвы штампа, в непосредственной близости от него, отбирается образец грунта ненарушенной структуры для определения комплекса физических и механических свойств в лаборатории.

2.57. Метод прессиометрии может быть использован для определения модуля деформации грунтов с поверхности и до глубины 25—50 м в зависимости от типа применяемого прибора.

Главное достоинство метода — возможность послойного определения модуля деформации. Ограничивающим фактором применения метода является мощность однородного по составу и состоянию слоя, которая должна быть больше длины рабочей камеры прессиометра. При резкой анизотропии свойств грунтов необходимо располагать количественными характеристиками анизотропии, которые можно получить только лабораторны-

ми методами испытанием в компрессионных приборах различно ориентированных образцов.

Модуль деформации определяется по линейному участку прессиометрической кривой, отвечающей стадии уплотнения грунта под приложенной нагрузкой.

При проведении опыта следует учитывать степень насыщенности грунта водой. В случае плотных и слабо влажных грунтов испытания проводятся по схеме быстрого деформирования (поровое давление воды можно не учитывать), в случае сильно влажных грунтов — по схеме медленного деформирования для создания возможности рассеивания порового давления.

2.58. Основными показателями прочностных свойств грунтов являются предел прочности на сжатие (временное сопротивление грунта при одноосном сжатии), величина сцепления и коэффициент внутреннего трения.

Предел прочности на сжатие в практике инженерно-геологических изысканий определяется лабораторными методами и этим показателем оцениваются в основном скальные и полускальные грунты. Кроме того, этот метод может быть рекомендован для сравнительной оценки прочности глинистых грунтов твердой, полутвердой и тугопластичной консистенции. Величина сцепления и угол трения характеризуют прочность глинистых грунтов, а угол внутреннего трения — песчаных. Оба эти показателя могут быть определены как в полевых, так и в лабораторных условиях [1].

2.59. Определение предела прочности на сжатие скальных грунтов проводится на том же оборудовании, что и определение модуля деформации. Отличие состоит в том, что увеличением нагрузок образец грунта доводят до разрушения. Основные требования к размеру образцов и их обработке следующие:

для образца цилиндрической формы отношение диаметра к высоте должно быть близким к 1 : 1, с отклонением не более 5%;

диаметр образца не может быть меньше 40 и больше 45 мм;

для образца кубической формы размер должен быть 50×50×50 мм;

[1] Прочность на растяжение и скалывание для скальных и полускальных грунтов, прочность на сжатие и растяжение для глинистых грунтов в практике инженерно-геологических изысканий определяются весьма редко по специальным заданиям.

точность измерения высоты образца не менее 0,1 мм; торцы образцов должны быть тщательно пришлифованы и проверены на строгую параллельность.

Прочность скальных грунтов определяется в двух состояниях — воздушно-сухом и водонасыщенном.

Определение прочности на сжатие полускальных и других видов грунтов с временным сопротивлением при одноосном сжатии в водонасыщенном состоянии менее 50 кгс/см^2 производится в соответствии с ГОСТ 17245—71 «Грунты. Метод лабораторного определения временного сопротивления при одноосном сжатии».

Основными источниками ошибок определения временного сопротивления грунта сжатию могут быть нарушения условий по подготовке и обработке образцов, а также нарушение скорости нагружения образца и точность фиксации момента начала его разрушения.

При изучении временного сопротивления грунта сжатию для обоснования устойчивости сооружений достаточной точностью определения этого показателя можно считать:

для глинистых грунтов — до единиц, кгс/см^2;
» полускальных » — до единиц, кгс/см^2;
» скальных » — до десятков или сотен, кгс/см^2

2.60. Изучение прочностных свойств глинистых и песчаных грунтов в лаборатории может проводиться на срезных приборах или приборах трехосного сжатия (стабилометрах) того типа, где образец в камере всегда может находиться под действием всестороннего давления, равного боковому (тип А).

Схемы испытаний на сдвиг различаются условиями предварительной подготовки образца, режимом и скоростью проведения опыта. Схемы опыта, сочетающие как определенный способ подготовки образца, так и режим его проведения, назначаются в каждом случае индивидуально и зависят от условий работы грунта во взаимодействии с проектируемым сооружением как в процессе его строительства, так и эксплуатации. Следует всегда помнить, что в зависимости от предварительной подготовки образца и режима проведения опыта параметры сопротивления сдвига для одного и того же грунта могут резко различаться. Для достоверного прогноза поведения грунта в основании сооружений не-

обходимо стремиться к осуществлению подобия между режимом опыта и схемой подготовки образца с условиями будущей работы грунта.

Из всех режимов проведения сдвигового опыта стандартизован медленный сдвиг в условиях завершенной консолидации (ГОСТ 12248—66 «Грунты. Метод лабораторного определения сопротивления срезу песчаных и глинистых грунтов на срезных приборах в условиях завершенной консолидации»). Возможные схемы определения прочностных свойств грунтов на сдвиговых приборах приведены в табл. 7.

При изучении прочностных свойств песчано-глинистых грунтов в стабилометрах (определение сопротивления сдвигу в условиях трехосного сжатия) получается более достоверная модель поведения грунта в массиве при приложении к нему нагрузки. Наибольшее распространение имеют две схемы проведения опытов:

недренированные испытания, моделирующие работу грунта, когда при затрудненном оттоке воды и быстром нагружении он находится долгое время в неконсолидированном состоянии;

дренированные испытания, моделирующие работу грунта при сравнительно медленном приложении нагрузки и хороших условиях дренирования.

При назначении лабораторных исследований следует выбирать одну из этих схем исходя из конкретных геологических условий, конкретных условий проекта организации строительных работ проектируемого сооружения и характера его эксплуатации.

2.61. Для определения прочности грунтов в полевых условиях разработан ряд методов. Стандарты на них не установлены. Одни из этих методов позволяют раздельно определять угол внутреннего трения и сцепления (сдвиг в заданной плоскости), другие — только обобщенные показатели сдвига (обрушение, выпирание, крыльчатое зондирование). Все эти методы незаменимы при испытании грунтов, из которых невозможно отобрать образцы ненарушенной структуры или для которых лабораторные определения по разным причинам могут быть недостоверны. К таким грунтам в первую очередь относятся глинисто-щебнистые или гравийно-песчаные грунты, тонкослоистые песчано-глинистые и слабоглинистые грунты.

Таблица 8

Области применения основных полевых методов изучения свойств грунтов

Метод испытаний	Схема разрушения, которую моделирует метод	Грунты, для исследования которых применяется метод
Срез целиков грунта в шурфах	Плоский сдвиг по напластованию	Однородные неслоистые или слоистые (могут содержать мелкие включения)
Срез монолитов в полевых приборах	То же	Однородные неслоистые, песчано-глинистые, содержащие мелкие включения
Обрушение прислоненных призм грунта	Глубокий сдвиг	Щебнисто-дресвяные и щебнисто-глинистые, содержащие включения
Обрушение и сдвиг призм грунтов под действием одной нагрузки под углом к плоскости сдвига (метод ВНИМИ)	Глубокий сдвиг или плоский сдвиг в зависимости от ориентирования домкрата	Гравелистые, щебнисто-дресвяные и крупнообломочные — обрушение. Слоистые, связные и полускальные — сдвиг
Выпирание призм грунта в шурфах	Глубокий сдвиг	Щебнисто-дресвяные и щебнисто-глинистые
Раздавливание целиков грунта	То же	Преимущественно глинистые
Крыльчатое зондирование	Сдвиг по цилиндрической поверхности перпендикулярно напластованию	Однородные мягкопластичные и текучепластичные глинистые

В табл. 8 приведены основные полевые методы определения прочности грунтов и области их применения (по Г. К. Бондарику).

В последнее время к перечисленным в таблице методам добавился метод определения прочностных свойств грунта прессиометром, основанный на гипотезе существования связи между значениями критических давлений, фиксируемых на прессиометрической кривой, и значениями величин угла внутреннего трения и сцепления. Этот метод является весьма перспективным, но требует дальнейшей экспериментальной и производственной проверки.

2.62. Просадочность грунтов характеризуется относительной просадочностью и начальным просадочным давлением, определяемым в лабораторных условиях методом компрессионных испытаний. При назначении этих определений следует обязательно указывать величину предполагаемого давления на основание из просадочных грунтов и глубину залегания испытуемого слоя для примерной оценки величины бытового давления.

В отдельных случаях при проектировании сооружений на просадочных грунтах следует также изучать зависимость относительной деформации грунта от давления. С этой целью ведут параллельное испытание двух проб, взятых из одного монолита, причем одну испытывают на компрессию при естественной влажности, а вторую с искусственным замачиванием начиная с малого давления (0,25 или 0,5 кгс/см^2). По результатам строят на одном графике две кривых компрессии и с графика получают характеристику изменения относительной деформации (просадочности) от нагрузки.

2.63. Набухаемость грунтов характеризуется относительной величиной свободного набухания, давлением набухания и влажностью набухания. Для прогноза процесса набухания при увлажнении набухающих грунтов необходимо также знать величину относительного набухания под нагрузками, равными проектным нагрузкам от сооружения.

Все эти показатели могут быть получены при лабораторных испытаниях набухающих грунтов на приборах А. М. Васильева, ПНЗ-2, компрессионных приборах или в стабилометрах. Методика определений не стандартизована, но следует учитывать необходимость проведения испытаний проб, отобранных с одного

объекта, на одних и тех же приборах и по одной и той же методике.

2.64. При инженерно-геологической разведке стационарные наблюдения за режимом подземных вод, режимом изменения температуры многолетнемерзлых пород, режимом хода развития физико-геологических и инженерно-геологических процессов проводятся только в особо обоснованных случаях и, как правило, являются продолжением наблюдений, начатых на более ранних этапах изысканий. Каких-либо особенностей в методике их проведения не имеется, лишь в отдельных случаях изменяется срочность наблюдений либо повышается их точность за счет использования более точной аппаратуры.

2.65. В особо ответственных случаях, а также при проектировании строительства в очень сложных инженерно-геологических условиях, в процессе проведения инженерно-геологической разведки возникает необходимость выполнения опытных полевых работ — испытания свай статическими нагрузками, строительство опытных котлованов, наблюдения за осадкой опытных фундаментов, замачивание котлованов на площадях распространения просадочных грунтов, опытные понижения уровня грунтовых вод и т. д.

Все эти работы проводятся после специального обоснования и по специальной программе, составленной для конкретных инженерно-геологических условий и для решения конкретной задачи.

Единственным методом полевых испытаний, регламентированным государственным стандартом, является метод испытаний свай (ГОСТ 5686—69 «Сваи и сваи-оболочки. Методы полевых испытаний».)

Следует подчеркнуть трудоемкость опытных работ, их длительность и высокую стоимость, что требует тщательного анализа накопленного опыта проведения этих работ для решения конкретных задач. Кроме того, методика их проведения отработана недостаточно, а поэтому в некоторых случаях (например, при опытном замачивании котлованов в лёссовых грунтах) можно получить результаты, не сопоставимые с результатами, полученными другими методами.

3. ВЫПОЛНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ОБЪЕМОВ РАБОТ

3.1. Производство полевых работ при инженерно-геологической разведке начинается с выноса в натуру (на местность) контуров проектируемого сооружения или проектируемого комплекса с выделением в пределах этого контура отдельных частей, в пределах которых предполагаются различные условия воздействия сооружения на геологическую среду. Одновременно путем осмотра территории и анализа ее геоморфологии или по другим признакам производится сопоставление инженерно-геологической модели, обоснованной в программе, с реальной местностью и привязка этой модели к местности. Одновременно производится предварительная полуинструментальная разбивка предусмотренной программой сети горных выработок и точек проведения других видов работ (с помощью буссоли, мерной ленты или рулетки).

3.2. Выполнение основных видов полевых работ, предусмотренных программой, должно подчиняться принципу — достижение результата с наименьшими материальными и трудовыми затратами. С этой целью вскрытие геологического разреза (проходка буровых скважин, шурфов, динамическое и статическое зондирование и пр.) начинается в точках, расположенных в крайне противоположных местах изучаемой территории, с последующим сгущением предусмотренной программой сети.

3.3. При расположении территории изысканий на разных геоморфологических элементах указанный порядок проведения работ выполняется применительно к каждому геоморфологическому элементу.

3.4. Если программой предусмотрены стационарные наблюдения за режимом подземных вод, наблюдения за температурой грунтов, а также геофизические и полевые методы изучения свойств грунтов, то наблюдательные и параметрические горные выработки проходятся в первую очередь. Документация и опробование этих выработок проводится с той же степенью детальности, как и выработок, проходимых для изучения геологического разреза и отбора образцов грунта для лабораторных исследований.

3.5. Определение свойств грунтов полевыми методами (опытные нагрузки на штампы, опытные сдвиги в шурфах, прессиометрические исследования и т. д.), а также опытные полевые работы (откачки, забивка свай, замачивание котлованов и пр.) выполняются на заключительной стадии полевых работ, после того как точно установлено положение в пространстве границ инженерно-геологических элементов.

3.6. При производстве всех видов полевых работ не допускается отклонение от принятой программой технологии проведения этих работ. В случае необходимости изменить способ бурения, метод отбора образцов и т. д. следует получить специальное разрешение руководителя работ, о чем делается пометка в полевом журнале.

3.7. При производстве инженерно-геологической разведки в сложных или средней сложности инженерно-геологических условиях непосредственно на месте проведения работ необходимо иметь полевую лабораторию для определения классификационных показателей свойств грунтов. Работа лаборатории должна быть организована таким образом, чтобы было возможно оперативно вносить изменения в параметры системы разведки и системы опробования.

3.8. В процессе полевых работ проводится систематическая обработка получаемого фактического материала. В частности:

составляется карта (план) фактического материала;

строятся инженерно-геологические колонки горных выработок;

строятся геолого-геофизические профили на основе предварительной интерпретации результатов геофизических работ;

производится расчленение геологического разреза и выявление положения границ инженерно-геологических элементов по данным динамического и статического зондирования;

сопоставляются результаты проходки горных выработок с результатами геофизических и зондировочных работ;

оформляется в законченном виде документация на изучение свойств грунтов полевыми методами и на полевые опытные работы;

заполняется сводная ведомость результатов лабора-

торного изучения классификационных показателей свойств грунтов и результатов изучения свойств грунтов полевыми методами с группировкой этих результатов по инженерно-геологическим элементам;

строятся инженерно-геологические разрезы с показом последовательности залегания и взаимоотношений инженерно-геологических элементов в пределах изучаемой территории;

строятся карты (планы) по участку проведения работ с показом распространения или глубин залегания важных, с точки зрения проектирования конкретного сооружения, элементов геологической среды или показом распространения на определенных глубинах от земной поверхности видов и разновидностей грунтов.

3.9. Объем и содержание работ по обработке фактического материала в поле определяются задачами инженерно-геологической разведки, сформулированными в программе.

Результаты этих работ используются с целью уточнения программы и организации полевых работ, постоянного контроля за качеством проведения работ, уточнения положения в пространстве точек отбора образцов, номенклатуры лабораторных определений, выполняемых в стационарной лаборатории, положения границ выделенных инженерно-геологических элементов.

3.10. Контроль за качеством полевых работ при проведении инженерно-геологической разведки включает:

контроль за соблюдением предусмотренной программой технологии проведения отдельных видов работ (буровых, горных, геофизических, опытных и др.);

контроль за правильностью измерений (измерением расстояний, глубин, снятием отсчетов с приборов и пр.);

контроль за правильностью описаний и графических построений (описанием характерных особенностей грунтов и соблюдением правил графических построений);

контроль за объективностью обобщений (интерпретацией данных зондировочных и геофизических работ, обобщением данных лабораторных работ и т. д.).

Все перечисленные виды контроля должны осуществляться непрерывно на всех уровнях от непосредственных исполнителей (буровых мастеров, техников и

лаборантов) до руководителей изыскательских организаций и подразделений.

Необходимыми формами контроля за качеством работ являются систематические проверки (как плановые, так и внеплановые) со стороны руководителей подразделений и организаций, а также приемка полевых материалов по окончании полевых работ, оформляемая соответствующим актом.

3.11. Привязка всех горных выработок и точек проведения других видов полевых исследований проводится инструментально после завершения полевых работ на всей территории изысканий в целом или на отдельных ее участках.

3.12. Все горные выработки после их документации или после проведения в них опытных работ тщательно тампонируются или засыпаются.

4. ЗАВЕРШАЮЩАЯ КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ И СОСТАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

4.1. Основной целью заключительного периода является составление заключения об инженерно-геологических условиях участка проектируемого строительства, которое должно содержать:

графическую инженерно-геологическую модель участка проектируемого сооружения в виде инженерно-геологических разрезов, карт различного содержания, блок-диаграмм и пр.;

пояснительную записку;

сводную таблицу обобщенных и рекомендуемых геологами расчетных значений показателей свойств грунтов применительно к выделенным инженерно-геологическим элементам.

4.2. В отдельных случаях, например при очень сложных инженерно-геологических условиях участка проектируемого строительства или в случае проведения изысканий для особо ответственных объектов промышленного и гражданского строительства, к заключению в качестве графических и табличных приложений могут прилагаться чертежи, графики и таблицы, содержащие фактический материал (колонки горных выработок, диаграммы и графики результатов полевых испытаний

показателей свойств грунтов, сводные таблицы результатов лабораторных определений показателей свойств грунтов, данные геофизических и опытных работ и т. д.).

4.3. Основное содержание графической модели участка проектируемого сооружения сводится к изображению пространственного положения инженерно-геологических элементов и других элементов геологической среды, важных для выбора проектных решений, например изображению положения свободных и пьезометрических уровней подземных вод, зон интенсивной трещиноватости в скальных грунтах и др.

4.4. При построении графической модели участка проектируемого сооружения особое внимание следует уделять выбору соотношения горизонтальных и вертикальных масштабов. Основное требование, которое следует учитывать при выборе соотношения масштабов, состоит в том, чтобы на модели получили отображение все элементы геологической среды, оказывающие влияние на выбор проектных решений. С другой стороны, при построении графической модели не должно резко искажаться реальное соотношение элементов геологической среды.

Опыт проектных организаций показывает, что для проработки проектных решений отдельных зданий и сооружений горизонтальный масштаб не должен быть меньше чем 1 : 1000, а для комплексов сооружений — 1 : 2000. Десятикратное увеличение вертикального масштаба по отношению к указанным горизонтальным масштабам, достаточное для графического изображения отдельных слоев мощностью до 10—20 см, во многих случаях дает резкое искажение условий взаимоотношения отдельных слоев. Для отображения более реальной картины в этих случаях приходится идти либо на генерализацию (объединение) слоев, либо на изменение соотношения масштабов.

Оптимальным выходом из данного положения для соблюдения указанных требований является комбинация масштабов графической модели на различные участки изучаемой территории. Наиболее сложные участки, изображение которых не может быть генерализовано для того, чтобы избежать резких искажений реального соотношения отдельных элементов геологической среды, должны быть показаны в разных

масштабах — в более мелком с генерализацией, и в более крупном — с детальным расчленением.

4.5. Выбор направлений инженерно-геологических разрезов определяется конструктивными особенностями проектируемого сооружения и сложностью инженерно-геологических условий. Основные направления разрезов должны совпадать с контурами сооружений либо с их осями. Длина разрезов и их глубина определяется размерами сферы взаимодействия сооружения с геологической средой. Выразительной формой графической инженерно-геологической модели являются системы взаимопересекающихся разрезов, построенных в аксонометрической проекции или блок-диаграммы.

4.6. При построении инженерно-геологических разрезов следует стремиться к изображению на них не только границ инженерно-геологических элементов, а также и других элементов геологической среды и динамических факторов, изменяющих эту среду во времени (например, изменение уровня подземных вод или изменение температуры грунтов). Отображение этих факторов может быть сделано либо в изолиниях, либо в виде цифр.

4.7. Обычно набора изобразительных средств в виде черных линий и штриховок не хватает для наглядного изображения всех элементов геологической среды. В этом случае следует широко использовать линии разного цвета и окраску контуров разным цветом.

4.8. Кроме инженерно-геологических разрезов для построения графической инженерно-геологической модели следует использовать различного рода карты и планы.

Для инженерно-геологической разведки наиболее пригодными являются карты-срезки на заданной глубине от дневной поверхности и карты, на которых в изолиниях изображается изменение какого-либо фактора по площади. Примером таких карт могут являться карты глубины залегания какого-либо слоя, карта глубины сезонного протаивания, карта глубины залегания слоя постоянных температур и т. д.

4.9. Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

введение (название и местоположение объекта, по заказу какой организации выполняется работа, плано-

вые и фактические сроки ее проведения, плановая и фактическая стоимость, состав исполнителей);

краткое физико-географическое описание территории, на которой размещена площадка проектируемого сооружения, с характеристикой тех географических факторов, которые необходимо учитывать при проектировании.

Примечание. Данный раздел составляется только в случае необходимости отражения каких-либо особенностей физико-географической обстановки, не выявленных на предыдущих этапах изысканий или существенно влияющих на организацию строительных работ;

обоснование выделения инженерно-геологических элементов и их характеристику с изложением метода выбора обобщенных и расчетных значений показателей свойств грунтов;

динамику отдельных геологических процессов и явлений и взаимосвязь их динамики с природными и техногенными факторами.

Примечание. Этот раздел составляется по материалам стационарных наблюдений, если планировалось их проведение в процессе инженерно-геологической разведки;

прогноз изменения геологической среды под воздействием строительства и эксплуатации проектируемого сооружения и выработанные на этой основе рекомендации проектировщикам о необходимых защитных мероприятиях как в процессе строительства, так и в процессе его эксплуатации;

рекомендуемую расчетную модель основания проектируемого сооружения, построенную на основе инженерно-геологической модели и конструктивных особенностей сооружения.

5. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ОБОБЩЕННЫХ И РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

5.1. Среднее значение показателя свойства грунта, полученное на основании обработки частных его значений, называется обобщенным (нормативным) значением показателя.

5.2. Расчетным значением показателя называют значение, которое принимается для расчетов и которое является его обобщенным значением, откорректированным с учетом:

а) недостаточной надежности обобщенного значения показателя, вычисленного по небольшому числу частных значений;

б) конструктивных особенностей сооружения в части его чувствительности к деформациям;

в) ответственности сооружения (класса его капитальности).

5.3. Вычисление обобщенных значений показателей физических свойств грунтов и его статистических характеристик может быть проведено по формулам:

$$\bar{x} = \frac{\Sigma_{x_i}}{N}; \quad \sigma = \pm\sqrt{\frac{\Sigma (x_i - \bar{x})^2}{N}}, \quad V = \frac{\sigma}{\bar{x}} 100\%,$$

где $\bar{x}$ — среднее арифметическое;

σ — среднее квадратичное отклонение;

V — коэффициент вариации;

x_i — частное значение показателя;

$\Sigma (x_i - x)^2$ — сумма квадратов отклонений частного значения от среднего;

Σ_{x_i} — сумма частных значений;

N — число определений.

5.4. При выборе обобщенного значения показателей сжимаемости грунтов (E, a) наиболее удобно использовать графический метод построения осредненной компрессионной кривой по средним значениям коэффициента пористости для разных значений нормальных давлений. Этот метод в подавляющем числе случаев дает хорошие результаты для практики. При выборе среднего значения модуля деформации по уже имеющейся выборке индивидуальных значений прежде всего следует построить гистограмму распределения значений этого показателя.

При нормальном распределении индивидуальных значений E в качестве обобщенного следует принять его среднее значение, а при левоасимметричном для выбора обобщенного значения следует использовать модель логнормального распределения или любую другую теоретическую модель.

5.5. Для вычисления обобщенных значений показателей прочностных свойств грунтов (угла внутреннего трения и величины сцепления) в соответствии с ГОСТ 12248—66 применяют способ наименьших квадратов.

5.6. При вычислении статистических характеристик

показателей в выборку могут попасть нехарактерные значения, так называемые «отскоки».

Главными причинами появления «отскоков» являются следующие:

а) ошибки при полевом или лабораторном определении показателя (как правило, случайные ошибки);

б) наличие в пределах выделенного инженерно-геологического элемента небольшого участка (линзы, прослоя), резко отличающегося по составу и (или) свойствам от всего инженерно-геологического элемента;

в) неправильное выделение инженерно-геологического элемента, т. е. построение инженерно-геологической модели с ошибкой в определении границ ее отдельных структурных единиц.

Первая причина появления «отскоков» может быть выявлена путем повторного контроля всего процесса отбора, упаковки, транспортирования образцов и испытания проб в лаборатории. Контроль производится, как правило, изучением документации или осмотром монолитов, оборудования, проведением контрольных определений, проверок, расчетов и др.

Выявленные и проанализированные «отскоки» значений показателя исключают из выборки, если они отличаются от среднего в ту или иную сторону на величину трех средних квадратичных отклонений ($\bar{x} \pm 3\delta$). Операцию по выявлению «отскоков» удобнее всего провести на графике рассеяния значений показателя. Правильно организованный внутренний и внешний контроль работы лаборатории, а также постоянный контроль за техническими исполнителями работ предупреждают возникновение подобных ошибок.

Вторая и третья причины появления «отскоков» связаны или с низким качеством документации геологического разреза, или с ошибками в его интерпретации. В любом случае при наличии «отскоков» подобного рода помимо проверки качества документации путем контрольного описания документационных образцов или контрольного бурения должна быть подвергнута анализу построенная инженерно-геологическая модель. При выявлении в инженерно-геологической модели существенного несоответствия геологическому разрезу в нее должны быть внесены соответствующие ис-

правления, позволяющие более правильно отразить условия работы грунтов как основания сооружения или среды.

Изменение инженерно-геологической модели, как правило, вызывает необходимость соответствующего преобразования расчетной модели основания или среды сооружения.

5.7. Выбор расчетного значения показателя может быть сделан только в связи с расчетом конкретного сооружения в конкретных инженерно-геологических условиях, т. е. в приложении к установленной проектировщиками расчетной модели в целом или по каждому расчетному элементу.

В подавляющем числе случаев расчетное значение показателя может быть выбрано уменьшением или увеличением его обобщенного значения на величину среднего квадратичного отклонения. При необходимости повышения расчетного значения его получают путем уменьшения (увеличения) обобщенного значения на двойную величину среднего квадратичного отклонения.

В некоторых случаях (при проектировании крупных сооружений) для выбора расчетных показателей можно использовать метод среднего минимального (максимального), когда за расчетное значение принимается среднее арифметическое из минимального (максимального) и среднего значений показателя. В этом случае в обязательном порядке из общей выборки исключаются частные значения, лежащие за трехсигмовым пределом.

Более обоснованным является метод среднего минимального (максимального) взвешенного, при котором за расчетное принимается значение показателя, отвечающее нижнему (или верхнему) квартилю [1].

При малых выборках (примерно 10—20 определений) метод средних минимальных (максимальных) отвечает гарантированным значениям с надежностью 0,90—0,95, а при больших выборках (больше 30 определений) — надежностью 0,999 и выше.

Кроме перечисленных методов при выборе расчетных значений показателя используют метод доверительных пределов, сущность которого состоит в выборе значения показателя с заданной гарантированной на-

[1] Квартилем называется такое значение показателя, меньше (больше) которого в выборке содержится 25% (75%) значений.

дежностью. Доверительные пределы — это значения, одно из которых отвечает возможному максимуму, а другое — минимуму при заданной вероятности. Значение вероятности при проектировании сооружений по типовым проектам в относительно простых инженерно-геологических условиях обычно принимают равным 0,85, а при проектировании сооружений I и II класса капитальности и в сложных условиях — от 0,95 и выше.

Расчет доверительных пределов производят по формулам:

$$\varepsilon = t\frac{\sigma}{\sqrt{N-1}} \quad \text{при} \quad N < 30 \quad \text{и}$$

$$\varepsilon = t\frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad \text{при} \quad N > 30,$$

где ε — величина доверительного предела возможного отклонения от среднего $\bar{x}$;

σ — среднее квадратичное отклонение;

N — число частных определений;

t — критерий, определяемый по специальным таблицам и зависящий от доверительной вероятности и числа определений.

При высокой степени изученности свойств грунтов в пределах какого-либо района и необходимости возведения в этом районе нового сооружения расчетное значение показателя может быть выбрано по методу аналогии. Обычно этот метод может быть применен только при достаточно большом опыте строительства в данном районе и полной уверенности (подтвержденной контрольными работами) в аналогии инженерно-геологических условий площади проектируемого сооружения с инженерно-геологическими условиями остальной части района. В этих случаях желательно, чтобы выбор расчетного значения показателя производился проектировщиком совместно с высококвалифицированным специалистом по инженерной геологии, имеющим опыт работы в данном районе.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 3
1. Общие положения и основные понятия 4
2. Подготовительный период 8
а) Общие положения 8
б) Принципы и методы установления границ сферы взаимодействия сооружения с геологической средой . . 11
в) Принципы выбора системы инженерно-геологической разведки и ее параметров 15
г) Виды работ и методы их выполнения 21
3. Выполнение основных объемов работ 46
4. Завершающая камеральная обработка материалов и составление инженерно-геологического заключения 49
5. Методы получения обобщенных и расчетных значений показателей свойств грунтов 52

ПНИИИС

Рекомендации по производству инженерно-геологической разведки

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией А. С. Певзнер
Редактор Л. Т. Калачева
Мл. редактор Н. В. Лосева
Технический редактор В. М. Родионова
Корректоры М. Ф. Казакова, В. С. Якунина

Сдано в набор 28.IV.1975 г. Подписано к печати 14.VII.1975 г. Т-12246
Формат 84×108 1/32 д. л. Бумага типографская № 2. 2,94 усл. печ. л.
(уч.-изд. 3,09 л.) Тираж 15 000 экз. Изд. № XII—5475. Зак. № 740. Цена 15 к.

Стройиздат
103006, Москва, Каляевская, 23а
Московская типография № 32 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, К-51, Цветной бульвар, д. 26.

gost.e-ecolog.ru