

# **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ**

*Методические указания к лабораторным работам  
для студентов специальности 21.05.02*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2021**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра гидрогеологии и инженерной геологии

# ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

*Методические указания к лабораторным работам  
для студентов специальности 21.05.02*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2021

УДК 624.131.38 (073)

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ.** Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *Л.П. Норова*. СПб, 2021. 66 с.

Рассмотрены основные теоретические положения и методика проведения опытных инженерно-геологических работ, их организация, технические средства и др. Должное внимание уделено интерпретации получаемых данных, обучению правильного ведения полевой документации и составления заключения по проведенным исследованиям, приведены примеры оформления первичной полевой документации и камеральной обработки материалов. Умение самостоятельно обосновать состав, способы ведения, технические средства, принципы организации и методики инженерно-геологических изысканий в их связи со стадией проектирования сооружений составляет неотъемлемую часть минимума профессиональных знаний и навыков, которыми должен овладеть каждый студент специальности 21.05.02 "Прикладная геология".

Научный редактор доц. *Д.Л. Устюгов*

Рецензент *В.В. Петров* зав. сектором гидрогеологии и гидрогеохимии Всероссийского научно-исследовательского геологического института имени А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ)

© Санкт-Петербургский  
горный университет, 2021

## ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с учебным планом специальности 21.05.02 «Прикладная геология» специализации «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания» в девятом семестре студенты слушают один из основных курсов «Инженерно-геологические изыскания». В программу курса входят лабораторные занятия, которые проходят на базе лабораторий кафедры гидрогеологии и инженерной геологии и Центра инженерных изысканий.

Настоящие методические указания посвящены изучению комплексных и прямых методов получения инженерно-геологической информации. Инженер-специалист должен:

1) знать теоретические основы выполнения инженерно-геологических изысканий для различных видов строительства; методику проведения опытных инженерно-геологических работ, их организацию, технические средства;

2) уметь интерпретировать получаемые данные, правильно вести полевую документацию и составить заключение по проведенным исследованиям;

3) владеть общими навыками поиска и получения новой информации, регламентирующей инженерно-геологические изыскания и умение ими пользоваться; навыками практического применения знаний по постановке комплексных инженерно-геологических исследований для получения информации об инженерно-геологических и гидрогеологических условиях строительства;

4) формировать мотивацию к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области инженерно-геологических изысканий

*Требования к отчетам по лабораторным работам.* Отчёт по лабораторной работе оформляется каждым студентом, выполнившим необходимые эксперименты, расчеты, графические построения (независимо от того, выполнялся ли эксперимент индивидуально или в составе группы студентов). Допускается оформление отчета, как в печатном, так и в рукописном виде в отдельной тетради.

Титульный лист выполняется по общим требованиям. Он должен содержать фразу: «Отчёт по лабораторной работе» и название работы; чуть ниже: «выполнил студент группы (номер группы) (фамилия, инициалы)». Внизу листа следует указать текущий год. Номер страницы на титульном листе не ставится.

Отчёт, как правило, включает следующие основные разделы: 1) цель работы; 2) теоретическая часть; 3) оборудование (приборы, используемые в лабораторной работе); 4) ход работы; 5) результаты (таблицы экспериментальных данных, графики); 6) выводы (основные приобретённые знания о предмете исследования). В случае необходимости в конце отчёта приводится перечень литературы.

«Теоретическая часть» должна содержать минимум необходимых теоретических сведений о физической сущности исследуемого явления его описание.

В разделе «Оборудование» необходимо описать, с помощью каких приборов и каким образом исследовались основные элементы инженерно-геологических условий, измерялись параметры. В указанном разделе должны быть представлены рисунки, блок-схемы установок.

При подготовке раздела «Ход работы» не следует копировать целиком или частично методическое пособие (описание) лабораторной работы или разделы учебника. В расчетных формулах должны быть указаны размерности входящих параметров.

Раздел «Результаты» включает в себя таблицы экспериментальных данных, графики, полученные при выполнении лабораторной работы. Графики выполняются при помощи компьютера или от руки. Если необходимо представить на графике результаты расчётов, то делать это следует с использованием специализированного программного обеспечения для построения графиков. Для построения графиков также можно использовать миллиметровую бумагу. На графиках обязательно должны быть указаны масштабы по осям, начало отсчета, размерности и обозначения физических величин, откладываемых по осям. Экспериментальные точки на графиках должны быть заметны, четко

выделены. Рисунки, графики и таблицы нумеруются и подписываются заголовками.

«Выводы» не должны быть простым перечислением того, что сделано. Здесь важно отметить, какие новые знания о предмете исследования были получены при выполнении работы, к чему привело обсуждение результатов, насколько выполнена заявленная цель работы. Возможно, получены дополнительные данные, предложены оригинальные методики, – это должно быть отражено в выводах по работе, которые каждый студент делает самостоятельно.

При сдаче отчёта преподаватель может сделать устные и письменные замечания, задать дополнительные вопросы. Все ответы на дополнительные вопросы, обсуждения выполняются студентом на отдельных листах, включаемых в отчёт (при этом в тексте основного отчёта делается сноска или другой значок, которому будет соответствовать новый материал). Письменные замечания преподавателя должны остаться в тексте для ясности динамики работы над отчётом.

Объём отчёта должен быть оптимальным для понимания того, что и как сделал студент, выполняя работу. Обязательные требования к отчёту включают общую и специальную грамотность изложения, а также аккуратность оформления.

## **1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **1.1. ОСНОВНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ОТРАСЛИ. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ ПРОГРАММА РАБОТ**

Строительству сооружений различного назначения всегда предшествует их проектирование, выполняемое на материалах геодезических, инженерно-геологических, гидрометеорологических и других изысканий. Следовательно, инженерно-геологические изыскания являются составной частью инженерных изысканий для строительства, частью подготовительных работ при проектировании и строительстве любых сооружений и выполнении инженерных работ [2,12].

Задачей *инженерных изысканий* для строительства является изучение природных, и в том числе инженерно-геологических условий района или площадки расположения сооружений для получения необходимых исходных данных, обеспечивающих разработку технически правильных и экономически наиболее целесообразных решений при проектировании и строительстве.

Ведение инженерных изысканий регламентируется «Строительными нормами и правилами» СП 47.13330.2016. «Инженерные изыскания для строительства». Положения, устанавливающие правила производства инженерно-геологических изысканий (ИГИ) учитываются нормативным документом СП 446.1325800.2019 «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ [12].

*Инженерно-геологические изыскания (ИГИ)* представляют собой комплексный производственный и научно-исследовательский процесс изучения верхней зоны литосферы с целью обеспечения рационального ее освоения и охраны экологического равновесия окружающей среды. Выявление и оценка закономерностей распределения характера и степени неоднородности и изменчивости инженерно-геологических условий территорий<sup>1</sup> – ведущий *мотив* системы инженерно-геологических изысканий. Обусловлены: неоднородностью и изменчивостью форм рельефа, геологического строения, состава, состава состояния и свойств горных пород, распространения подземных вод и геологических процессов [2].

Основные документы, определяющие характер инженерных изысканий: 1) договор; 2) техническое задание; 3) программа изысканий [12].

*Договор* заключается между финансирующей организацией (заказчиком) и исполнителем (геологической организацией).

*Техническое задание* на инженерно-геологические изыскания для строительства – исходный документ для составления программы

---

<sup>1</sup> *Инженерно-геологические условия (ИГУ)* – это совокупность природных геологических условий, которые определяют планирование размещение различных видов строительства, выбор районов и мест расположения зданий и сооружений, устойчивость их и особенности производства работ [5,6].

изыскательских работ и сметно-договорной документации. Техническое задание выдается проектной организацией генеральным проектировщиком, в котором должны быть включены: наименование объекта; вид строительства (новое, реконструкция, расширение, консервация, ликвидация и др.); характер строительного объекта; сведения о стадийности и сроках проектирования и строительства; данные о границах участка строительства; сведения о ранее выполненных исследованиях; характеристика проектируемого сооружения; уровни ответственности зданий и сооружений; данные о воздействии на окружающую среду в соответствии с требованиями; данные для обоснования мероприятий по охране природной среды, обеспечению устойчивости проектируемых сооружений; сведения и данные о проектируемых объектах, мероприятиях инженерной защиты территорий; цели и виды инженерных изысканий; требования к точности, надежности, достоверности и обеспеченности необходимых данных и характеристик при инженерных изысканиях для строительства и т.д.

К техническому заданию должны прилагаться графические и текстовые документы, необходимые для организации и проведения инженерных изысканий на соответствующей стадии проектирования. В техническом задании не допускается устанавливать состав и объем изыскательских работ, методику и технологию их выполнения. Оно должно ориентировать изыскателей на наиболее целесообразное расположение сооружений, в зависимости от их назначения, конструктивных особенностей, вариантов компоновки и др. В задании должны быть указаны потребности в видах и объемах минеральных строительных материалов, а также в воде для временного или постоянного водоснабжения.

Инженерно-геологические исследования выполняются по *программе*, составляемой изыскательской организацией на основании технического задания, выдаваемого проектной организацией. Программа ИГИ, включает: задачи ИГИ; состав и объемы ИГ работ на основе технического задания заказчика, исходя из этапа предпроектных работ или стадии проектирования, вида



строительства, типа зданий и сооружений, их назначения, площади исследуемой территории, степени ее изученности и сложности ИГУ; методику; технологию; последовательность; организацию и сроки выполнения работ. Выполнение ИГИ без программы изысканий или предписания не допускается.

При определении программы, методики, системы инженерно-геологических изысканий очень важно учитывать степень сложности инженерно-геологических условий рассматриваемой территории. Согласно нормативным документам различают три категории территорий: с простыми условиями, средней сложности и весьма сложные [2,12].

## **1.2. СТАДИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ**

Инженерно-геологические изыскания для строительства выполняются поэтапно в зависимости от стадийности проектирования [211,12].

Последовательность проектирования сооружений включает в себя выполнение *предпроектных* и *проектных* работ. В соответствии с этим и инженерно-геологические исследования ведутся стадийно.

*Предпроектные* работы, по В.Д. Ломтадзе, в зависимости от вида строительства могут иметь разный характер и даже название, но назначение их одно и тоже - дать технико-экономическое обоснование целесообразности строительства первоочередного объекта и установить основные технические параметры сооружения для проектирования [6]. При этом на всех предпроектных видах работ значительное внимание уделяют прогнозу оценки воздействия объектов строительства на окружающую природную среду.

Согласно основному нормативному документу СП 446.1325800.2019 эта стадия (раздел 6) характеризуется как «Инженерно-геологические изыскания для подготовки документов территориального планирования, документации по планировке территории и выбора площадок (трасс) строительства (обоснования инвестиций)». Изыскания на этой стадии «должны

обеспечивать получение сведений об инженерно-геологических условиях территории, необходимых и достаточных для принятия решений о функциональном назначении территорий, в целях обеспечения их устойчивого развития, сохранения окружающей среды, создания условий для привлечения инвестиций, выделения элементов планировочной структуры, установления границ земельных участков и зон планируемого размещения объектов федерального, регионального, муниципального значения, защиты территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и составления прогноза изменения инженерно-геологических условий».

Собственно техническое проектирование сооружений начинается с составления технического проекта. Технический проект сооружений – это основной документ, по которому выполняется строительство. При его составлении уточняют расположение сооружений на выбранной строительной площадке, определяют их типы, конструкцию и параметры, компоновку, окончательно оценивают устойчивость, условия строительства, сроки и условия эксплуатации.

В новой редакции нормативного документа СП 446.1325800.2019 (раздел 7) для подготовки проектной документации предусматривается выполнение инженерно-геологических изысканий в два этапа в следующих случаях:

- при недостаточной изученности инженерно-геологических условий территории и факторов техногенного воздействия;
- при отсутствии материалов и данных для принятия проектных решений по окончательному выбору местоположения зданий и сооружений (переходов трассы через естественные и искусственные преграды), выбору типов фундаментов;
- при отсутствии материалов и данных для принятия проектных решений по инженерной защите объектов капитального строительства и охране окружающей среды [12].

На *первом этапе* инженерно-геологических изысканий для подготовки проектной документации выполняют «комплексное изучение ИГУ выбранной площадки (участка, трассы) и составляют прогноз их изменений в период строительства и эксплуатации с

детальностью, достаточной для обоснования компоновки зданий и сооружений, конструктивных и объемно-планировочных решений, предварительного выбора типов фундаментов, составления генерального плана проектируемого объекта, предварительной разработки мероприятий по инженерной защите, охране геологической среды и созданию безопасных условий жизни населения» (СП 446.1325800.2019, раздел 7.1). «При изучении ИГУ территории выбранной площадки (трассы) строительства состав и объемы работ должны быть достаточными для выделения в плане и по глубине ИГЭ (в соответствии с требованиями ГОСТ 20522) с определением для них лабораторными и полевыми исследованиями прочностных и деформационных характеристик грунтов, их нормативных и расчетных значений. Комплекс ИГЭ используют при создании инженерно-геологической модели грунтового массива».

Инженерно-геологические изыскания для подготовки проектной документации объектов капитального строительства на *втором этапе* выполняют «для уточнения инженерно-геологических условий конкретных участков строительства проектируемых зданий и сооружений, прогноза их изменений в период строительства и эксплуатации с детальностью, необходимой и достаточной для разработки окончательных объемно-планировочных решений, расчетов оснований, фундаментов и конструкций проектируемых зданий и сооружений, разработки проекта организации строительства, детализации проектных решений по инженерной защите, рациональному природопользованию и обоснованию методов производства земляных работ» (СП 446.1325800.2019, раздел 7.2).

Если территория хорошо изучена в инженерно-геологическом отношении, материалов и данных достаточно для определения окончательного местоположения проектируемого объекта, окончательного выбора типа и глубины фундаментов, а также для принятия проектных решений по инженерной защите инженерно-геологические изыскания выполняют в один этап.

*Инженерно-геологические изыскания при строительстве* следует выполнять на площадках (СП 446.1325800.2019, раздел 8.1) расположения зданий и сооружений повышенного уровня

ответственности; зданий и сооружений нормального уровня ответственности в сложных инженерно-геологических условиях; зданий и сооружений в условиях стесненной городской застройки и других случаях. Основные виды работ в период строительства при инженерно-геологических изысканиях:

- геотехнический контроль строительства зданий, сооружений и прилегающих территорий;
- работы в составе геотехнического мониторинга (по отдельному заданию в соответствии с СП 305.1325800).

При выявлении расхождений фактических ИГУ с принятыми в проектной документации результаты инженерно-геологических изысканий должны содержать предложения по уточнению соответствующих проектных решений.

Согласно разделу 8.2 (СП 446.1325800.2019) *инженерно-геологические изыскания для реконструкции зданий и сооружений* должны обеспечивать получение материалов и данных, необходимых для разработки проектной документации на осуществление реконструкции, в том числе мероприятий инженерной защиты объекта строительства.

Общие правила производства инженерно-геологических работ при *эксплуатации и сносе (демонтаже) зданий и сооружений* приведены в приложениях Р и С (СП 446.1325800.2019).

Таково нормальное развитие инженерно-геологических исследований при проектировании и строительстве сооружений, их комплексов и хозяйственном освоении территорий.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1,2. ОБЗОР НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ**

**Цель работы:** ознакомиться с основными нормативными документами при проведении инженерно-геологических изысканий.

Алгоритм выполнения задания:

1. Ознакомиться с основными ключевыми разделами нормативных документов: СП 47.13330.2016. «Инженерные изыскания для строительства» и СП 446.1325800.2019 «Инженерно-геологические изыскания. Общие правила производства работ.

2. Рассмотреть особенности составления технического задания и программы работ в зависимости от назначения проектируемого сооружения (на примерах).

3. Оценить, согласно СП 47.13330.2016, степень сложности инженерно-геологических условий рассматриваемой территории (на примерах).

4. Перечислить основные методы получения инженерно-геологической информации, входящие в состав инженерно-геологических изысканий по СП 446.1325800.2019 (раздел 5).

5. Описать содержание и назначение вида работ (по варианту, табл. 1).

*Таблица 1*

**Основные виды работ, входящие в состав инженерно-геологических изысканий [12]**

<b>Варианты</b>	<b>Виды работ</b>
1	2
2.1	Сбор и систематизация фондовых материалов (динамика изменения инженерно-геологических условий)
2.2	Дешифрирование аэро- и космоматериалов
2.3	Рекогносцировочное обследование, включая аэровизуальные и маршрутные наблюдения (инженерно-геологическая съемка)
2.4	Проходка горно-буровых выработок (разведочные работы)
2.5	Инженерно-геологическая документация и опробование
2.6	Геофизические исследования
2.7	Инженерно-геологические опытные работы (полевые исследования грунтов)
2.8	Гидрогеологические исследования
2.9	Стационарные наблюдения (локальный мониторинг компонентов геологической среды)
2.10	Лабораторные работы (физико-механические свойства пород и химический состав поверхностных и подземных вод)
2.11	Обследование грунтов оснований сооружений фундаментов существующих зданий и сооружений.
2.12	Составление прогноза изменений инженерно-геологических условий.
2.13	Камеральная обработка всех материалов

2.14	Составление отчета
2.15	Поиск и разведка минеральных строительных материалов.

6. Назвать основные вопросы, подлежащие освещению в одной из текстовых глав отчета об инженерно-геологических условиях участков исследований, а также содержание графической части и приложений (по варианту, табл.2).

*Таблица 2*

**Содержание отчета об инженерно-геологических условиях участков исследования, графические приложения**

<b>Варианты</b>	<b>Главы отчета (по СП 47.13330.2016)</b>	<b>Варианты</b>	<b>Главы отчета (по СП 47.13330.2016)</b>
1	2	3	4
2.1	Введение	2.11	Карта фактического материала
2.2	Изученность ИГУ	2.12	Инженерно-геологические разрезы
2.3	Физико-географический очерк	2.13	Колонки и зарисовки горных выработок и буровых скважин
2.4	Геологическое строение	2.14	Карта опасности и риска от опасных процессов
2.5	Гидрогеологические условия	2.15	Таблицы свойств грунтов и химического состава подземных вод
2.6	Геологические процессы	2.16	Таблицы и графики результатов зондирования
2.7	Специфические грунты	2.17	Таблицы и графики геофизических исследований
2.8	Инженерно-геологическое районирование	2.18	Таблицы режимных наблюдений за уровнем грунтовых вод, температурой грунтов, деформациями и другими процессами.
2.9	Методы работ	2.19	Каталоги высот скважин, точек зондирования и др.
2.10	Выводы и рекомендации	2.20	Карта инженерно-геологического районирования, характеристика районов.

7. На основе анализа основных разделов нормативных документов составить сводную таблицу соотношения стадий планирования, проектирования и строительства с этапами инженерно-геологических изысканий.

### **Контрольные вопросы по теме**

1. Основные нормативные документы, используемые при инженерно-геологических изысканиях?

2. Какую информацию можно получить по нормативному документу 47.13330.2016.

3. Что такое инженерные изыскания? В каком нормативном документе даются общие положения об инженерных изысканиях.

4. Что такое инженерно-геологические изыскания?

5. Что является объектом инженерно-геологических изысканий?

6. Что такое техническое задание? Кто составляет техническое задание? В техническом задании устанавливается ли состав инженерных исследований?

7. Что собой представляет программа инженерно-геологических изысканий? Кто составляет программу изысканий?

8. Последовательность проектирования сооружений включает в себя выполнение предпроектных и проектных работ. Каково назначение предпроектных работ?

9. Технический проект сооружений – это основной документ, по которому выполняется строительство. Сколько стадий изысканий и какие проводят для разработки проектной документации?

10. Какие сведения подлежат сбору, изучению и систематизации?

11. Для чего используются результаты сбора, изучения и систематизации материалов? Что формируется на основании собранных материалов?

12. Что собой представляют такие виды работ как «дешифрирование аэро- и космических материалов» и «рекогносцировочное обследование территории»?

13. Для чего осуществляют проходку и опробование инженерно-геологических выработок?

14. Как подразделяются геофизические методы исследований?
15. Какие методы полевых исследований рекомендуются к использованию при проведении инженерно-геологических изысканий?
16. Для чего выполняют гидрогеологические исследования в составе инженерно-геологических изысканий?
17. Как производится выбор вида и состава лабораторных определений характеристик физических и механических свойств грунтов?
18. Какие схемы испытаний используют при проведении стабилметрических испытаний?
19. Охарактеризуйте такой вид работ, как «камеральная обработка полученных материалов».

## **2. МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ**

### **2.1 КОМПЛЕКСНЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Для решения инженерных задач используются как комплексные, так и частные методы получения инженерно-геологической информации. Эти работы и методика их выполнения обычно составляют определенную систему инженерных изысканий. Каждому этапу хозяйственной деятельности соответствует основной комплексный метод [2].

Так, на начальных стадиях инженерных изысканий (этап хозяйственной деятельности – планирование) основным видом геологического исследования является инженерно-геологическая съемка. На стадии изысканий для разработки проектной документации выполняется детальная инженерно-геологическая съемка, а доминирующими становятся разведочные, полевые опытные и другие виды работ.

#### **2.1.1 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА**

Главными задачами инженерно-геологической съемки являются: 1) изучение, объективное и возможно более точное отображении на топографической основе инженерно-геологических



условий тех или иных территорий; 2) выявление закономерностей пространственной изменчивости их; 3) установление взаимосвязей между отдельными элементами инженерно-геологических условий; 4) изучение взаимодействия геологической среды с существующими инженерными сооружениями и составление прогноза возможных изменений инженерно-геологических условий в процессе строительства, эксплуатации инженерных объектов и хозяйственного освоения территорий. Съемка должна охватывать весь комплекс природных факторов, влияющих на характеристику, оценку и прогноз условий строительства и эксплуатации сооружений и производства инженерных работ, отличаясь при этом определенной *направленностью* в зависимости от конкретного вида строительства и конкретной геологической обстановки.

Инженерно-геологические карты, мелкомасштабные (1:500 000 – 1:1 000 000) и обзорные (1:1 500 000 и мельче), как правило, составляются камеральным путем в результате обобщения материалов более детальных исследований.

Среднемасштабные съемки выполняют с целью изучения общих инженерно-геологических условий больших и сравнительно больших территорий и служат основой для их районирования и составления карт комплексного освоения. Материалы таких съемок позволяют выбрать районы, в которых в первую очередь следует проводить более детальные исследования для выбора строительных площадок, трасс дорог, створов плотин и т.д.

Цель крупномасштабных съемок – более детальное изучение инженерно-геологических условий определенных районов. Такие съемки позволяют решить задачи, связанные с выбором строительных площадок, створов плотин, участков мостовых переходов в данном районе. Крупномасштабные съемки, как правило, проводятся в районах, где уже проводились мелкомасштабные исследования и поэтому всегда более целенаправленны. Материалы крупномасштабных съемок обычно служат надежной основой для определения плана разведочных и опытных работ и стационарных наблюдений, а также состава, объема и методики более детальных исследований.

Детальные съемки выполняют для наиболее полного изучения инженерно-геологических условий участка или площадки, выбранных для застройки, участков распространения карста, оползня, переработки берега или других геологических процессов. Детальная съемка обязательно сопровождается разведочными и другими работами и должна давать полное и точное представление о геологическом строении выбранного участка или площади для застройки на глубину возможного воздействия сооружений. Материалы детальных съемок позволяют решать вопросы, связанные с компоновкой сооружения, планировкой и застройкой городов, размещением защитных сооружений и др.

Таким образом, классификация инженерно-геологических съемок предполагает плановое, последовательное, с постепенно возрастающей детальностью изучение инженерно-геологических условий территорий, отвечающее стадиям инженерных изысканий и проектирования сооружений и инженерных работ.

Масштаб инженерно-геологической съемки выбирается в зависимости от стадии изысканий, сложности ИГУ, типа проектируемого сооружения и других факторов. Чем неоднороднее и сложнее инженерно-геологические условия, тем детальнее приходится исследовать территорию. Неодинаков масштаб съемки и на разных стадиях изысканий, и на разных участках проектируемых сооружений.

Согласно СП 446.1325800.2019 (табл.6.1 и 7.1) количество точек наблюдений (в том числе горных выработок) при проведении инженерно-геологической съемки соответствующего масштаба в пределах границ территории следует определять в зависимости от категории сложности ИГУ. Часть горных выработок допускается заменять точками зондирования и геофизических наблюдений при соответствующем обосновании в программе изысканий. Выработки и точки наблюдений должны сгущаться на участках со сложными инженерно-геологическими условиями и в местах сочленений различных геоморфологических элементов и типов ландшафтов.

Результатом инженерно-геологической съемки является составление инженерно-геологической карты, характеристика и оценка инженерно-геологических условий заснятой территории, а

также карты инженерно-геологического районирования. Карты составляются в масштабе, соответствующем масштабу (детальности) съемки или в более мелком масштабе, если это требуется в задании или обосновано в программе.

Следует отметить, что при инженерно-геологическом картировании в 60-е годы XX века сложились два основных направления, по-разному определяющие принцип и способ составления инженерно-геологических карт. Согласно первому, в основе инженерно-геологической характеристики территорий лежит *формационный принцип*, т.е. выделение формаций и геолого-генетических комплексов пород. Второе направление в основу инженерно-геологической характеристики и оценки картируемой территории кладет принцип *собственно инженерно-геологический*, т.е. выделение групп и подгрупп горных пород, существенно отличающихся по своим свойствам [3,5,6].

Инженерно-геологические карты сопровождаются сводной инженерно-геологической колонкой, разрезами и при необходимости рядом специальных карт (карты среза на глубине заложения фундаментов, структурные карты поверхности несущего слоя, прогнозные инженерно-геологические карты и др.).

Если возникает необходимость подчеркнуть какие-то особые условия проектирования и строительства конкретных сооружений либо выделить важнейшие особенности природных условий, то выполняют дополнительно к инженерно-геологическим картам или на их основе инженерно-геологическое районирование, которое в этом случае будет иметь прикладной специализированный характер.

В настоящее время инженерно-геологическое картографирование развивается на основе использования компьютерных банков данных и систем обработки изображения. Использование современной информационной техники и технологий позволяет вести постоянный контроль за состоянием геологической среды и обеспечить выпуск так называемых дежурных инженерно-геологических карт. Оперативное создание таких карт позволяет более эффективно использовать инженерно-геологические данные при планировании рациональных путей освоения геологической среды [3].

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. ИЗУЧЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ РАЗНОГО МАСШТАБА**

**Цель работы:** составить краткую пояснительную записку по оценке инженерно-геологических условий выделенной области карты.

Алгоритм выполнения задания:

- 1) ознакомиться с легендой предложенных инженерно-геологических карт
  - общей обзорной инженерно-геологической карты масштаба 1:500000;
  - обзорной специальной инженерно-геологической карты масштаба 1:50000;
  - схематической инженерно-геологической карты масштаба 1:10000;
- 2) составить краткую пояснительную записку по оценке инженерно-геологических условий выделенной области или участка для строительства;
- 3) сформулировать задачи инженерно-геологических исследований и кратко обосновать необходимость выполнения инженерно-геологической съемки более крупного масштаба.

#### **2.1.2. РАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ**

*Разведочными работами* называется комплекс видов геологических работ, выполняемых с помощью определенных технических средств (геофизических, бурения скважин, проходки горных выработок) для изучения ИГУ того или иного участка до необходимой глубины.

*Бурение скважин* дает наиболее качественную информацию о геологическом строении разреза. Инженерно-геологические скважины позволяют установить точно границы между породами разного состава и физического состояния, определить мощности слабых прослоев, обеспечить возможность полевых определений и отбора проб для лабораторных исследований проведения геофизических, гидрогеологических и инженерно-геологических полевых работ (прессиометрия, штамповые испытания и др.),

предусмотренных программой исследований [1,3,6].

Выбор способа и технологического режима бурения производится исходя из назначения выработок, намечаемой глубины изучения геологической среды и характера геологического разреза и пр. Для получения точных и достоверных геологических данных обосновывают конструкцию каждой скважины, в том числе выбор начального и конечного диаметров бурения, диаметр колонн обсадных труб и глубину их установки для перекрытия неустойчивых пород, водоносных горизонтов и т.д.

При бурении *геологическая документация скважин* осуществляется систематическим ведением бурового журнала, описанием и зарисовкой керна и построением колонки скважины в процессе ее проходки. Буровой журнал заполняется буровым мастером и проверяется геологом. Документацию керна и составление колонки осуществляет геолог.

Керн в процессе проходки укладывается в специальные ящики. Порядок описания керна: название породы, цвет, структурно-текстурные особенности, минеральный состав, характер цементации и состав цемента, наличие трещин, их генезис и размеры, состав заполнителя, характер контактов, физическое состояние породы и др. Следует отметить, что при документации скважин, пробуренных в песчано-глинистых породах четвертичного возраста, особое внимание следует обращать на их состав, окраску, слоистость, влажность, плотность, пористость, консистенцию (можно провести пенетрацию в процессе бурения), микротрещиноватость, водоустойчивость и возможно точнее устанавливать положение и границы слабых слоев, прослоек, линз и др.

Документацию скважин необходимо производить непрерывно в процессе их проходки в два приема: первичное описание, которое производится при каждом подъеме снаряда, и контрольное описание, которое выполняется после завершения бурения скважины. Керн скважин, таким образом, является массовым материалом, получаемым при изысканиях на площадках проектируемых сооружений. Поэтому важно использовать его для изучения и оценки трещиноватости и сохранности пород в массиве.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СКАЛЬНЫХ И ПОЛУСКАЛЬНЫХ ПОРОД ПО КЕРНУ

Для оценки трещиноватости и слоистости твердых и полутвердых пород по керну используют следующие качественные показатели: 1) *процент выхода керна* (при прочих равных условиях – составе и свойствах пород, режиме бурения и др., чем более монолитны породы, тем выше выход керна); 2) *модуль трещиноватости* – подсчет числа трещин на каждый метр керна; 3) *наблюдения за проскоками снаряда* при пересечении им трещин, каверн и других пустот; 4) *кусковатость керна*; 5) *RQD, или показатель качества керна  $\Pi_{\kappa}$* ; 6) *наблюдения за расходом промывочной жидкости* и т.д.

Наиболее широко применяется за рубежом и в нашей стране такой важный показатель оценки степени трещиноватости массивов скальных пород по данным бурения – RGD ( $\Pi_{\kappa}$ ). Это – показатель качества керна (rock quality designation), который дает возможность в первом приближении провести сравнительную оценку состояния трещиноватого массива.

$$\Pi_{\kappa} = \left[ \left( \sum_1^n l_{10} \right) / L \right] \cdot 100, \quad (2.1)$$

где  $l_{10}$ - длина куса керна, если она больше 10 см; L- длина опробуемого интервала; n- число кусков длиной более 10 см.

При этом по показателю качества керна классифицируется:

- очень хорошее качество керна (RGD = 90-100%);
- хорошее (RGD = 75-90%);
- удовлетворительное (RGD = 50-75%);
- плохое (RGD = 25-50%);
- очень плохое (RGD менее 25%).

**Цель работы:** по керну оценить физическое состояние породы.

Алгоритм выполнения задания:

1) по имеющемуся керновому материалу скальных пород определить показатель качества керна выделенного интервала;

2) по материалам изучения керна выделить зоны удовлетворительного и хорошего качества керна для обоснования глубины заложения проектируемого тоннеля.

*Пример.* Проведены инженерно-геологические изыскания с целью выбора местоположения железнодорожного тоннеля. В центре исследуемого участка трассы пробурена скважина глубиной 45 м. Разрез:

0-10м – песчано-глинистые четвертичные отложения;

10-45 м – песчаники среднезернистые с силикатным цементом юрского возраста.

Данные изучения керна были обработаны с точки зрения качества горных пород, которые имеют распространение в этом районе (интервал опробования 10,0-45,0 м).

опробуемые интервалы	показатель качества керна Пк, %
10,0-13,0	27%
13,0-16,0	32%
16,0-19,0	43%
19,0-22,0	47%
22,0-25,0	55%
25,0-28,0	67%
28,0-31,0	72%
31,0-34,0	76%
34,0-37,0-	85%
37,0-40,0	83%
40,0-43,0	80%
43,0-45,0	87%

Показать на колонке скважины зоны удовлетворительного и хорошего качества керна, по геологическим данным дать заключение о возможности строительства будущего тоннеля.

### **2.1.3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД**

Опробование сопровождается другими геологическими работами и заключается в отборе проб горных пород и воды для соответствующих лабораторных исследований. По существу, это составная часть полевой документации геологических работ, которая производится наряду с описанием, измерениями, зарисовками, фотографированием, отбором образцов и т.д. При этом следует помнить, что отбор проб и изучение состава, строения и

свойств горных пород в лабораторных и полевых условиях – это совершенно разные виды работ по своему назначению, содержанию, организации и времени их выполнения.

Опробование должно производиться преимущественно тех групп горных пород, для которых данные лабораторных исследований физико-механических свойств имеют важное или решающее значение при их оценке. При опробовании таких пород необходимо стремиться к: представительности пробы, т.е. в максимальной степени проба должна отражать характерные особенности состава, строения, физического состояния и свойств изучаемой разности горных пород; отбору определенного числа проб для соответствующих исследований; обобщение и анализ результатов этих исследований позволяет с определенной степенью надежности распространить их на исследуемый объект (слой, зону и др.) и обеспечить представительность получаемых данных.

Отбор проб должен основываться на строгом соблюдении требований нормативных документов, в том числе правила геологической однородности, представительности материала по каждой толще и учете степени и характера изменчивости их свойств.

Следует отметить, что целевое назначение инженерно-геологического опробования предопределяет в первую очередь объем работ по опробованию, требования к правилам размещения точек опробования. Эти позиции рассматриваются в лекционном курсе «Инженерно-геологические изыскания»

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА И ОБЪЕМА СИСТЕМЫ ТОЧЕК ПОЛУЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**Цель работы:** на площадке проектируемого здания обосновать план расположения мест отбора проб и необходимого их числа (инженерно-геологические изыскания для разработки проектной документации).

На нескольких площадках в районе Санкт-Петербурга предполагается строительство зданий различного назначения. В техническом задании даны предполагаемые характеристики



наземной и подземной части планируемого объекта. Результаты исследований (получены в фондах) в виде описания разрезов скважин, схемы разведочной сети, таблиц лабораторных исследований предлагаются преподавателем.

Алгоритм выполнения задания: используя данные предыдущих инженерно-геологических работ на площадке строительства городских зданий и регламент нормативных документов:

1) построить геолого-литологическую колонку проектируемой скважины в вертикальном масштабе 1:200 или 1:400;

2) обосновать план расположения мест отбора проб и необходимого их числа;

4) рекомендовать способ отбора образцов ненарушенного сложения и тип грунтоноса в зависимости от физического состояния пород в разрезе.

### **Контрольные вопросы по теме**

1. Какие виды работ входят в состав инженерно-геологических изысканий?

2. Комплексные методы получения инженерно-геологической информации, - это ....

3. Каковы цели и задачи инженерно-геологической съемки?

4. Как классифицируются инженерно-геологические съемки в зависимости от масштаба?

5. Какими факторами обуславливается выбор масштаба инженерно-геологической съемки?

6. Для каких целей составляются и как могут быть использованы обзорные, мелко-, средне-, крупномасштабные и детальные инженерно-геологические карты?

7. Что такое разведочные работы? Какие задачи решают разведочные работы?

8. Роль разведочных работ в общем комплексе геологических работ, выполняемых при инженерных изысканиях?

9. Что такое план разведочных работ? Рациональный план разведочных работ – это?

10. Какой критерий используется для определения плана разведочных работ на начальных стадиях изысканий?

11. На стадии инженерно-геологических изысканий для разработки проектной документации, когда исследования ведутся на конкретной ограниченной площади (строительная площадка, оползневой цирк и др.) наряду с неоднородностью и изменчивостью геологических условий подлежат учету и другие критерии. Какие? В данном случае как определяется объем разведочных работ?

12. Что такое глубина разведки? Как она обосновывается

13. Основные требования к инженерно-геологическим скважинам.

14. Наблюдения и документация разведочных выработок при бурении в скальных породах.

15. Особенности документации разведочных выработок при бурении в песчано-глинистых породах.

16. Что такое показатель качества керна или RGD?

17. Охарактеризуйте процесс инженерно-геологического опробования горных пород.

18. Охарактеризуйте способы отбора образцов ненарушенного сложения и типы грунтоносков в зависимости от физического состояния пород в разрезе.

## **2.2 . ПОЛЕВЫЕ МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Одними из основных методов получения инженерно-геологической информации являются полевые опытные работы, которые выполняются в комплексе с другими исследованиями (съемкой, разведочными, лабораторными работами и др.).

### **2.2.1. ИЗУЧЕНИЕ СЖИМАЕМОСТИ ГРУНТОВ МЕТОДОМ ПРОБНЫХ СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

Лабораторные методы изучения сжимаемости, выполняемые на образцах пород, не всегда могут отвечать требованиям современного строительства. Для ответственных сооружений сжимаемость изучается полевыми методами, наиболее точными из которых являются испытания грунтов штампами в шурфах или скважинах (ГОСТ 20276-99).

Методика испытания пород штампами отличается сложностью и трудоемкостью, что связано с монтажом тяжелого оборудования, специальной подготовкой грунтов к испытаниям; значительными затратами времени на изучение характера деформаций.

Поэтому испытания пород штампами производятся лишь на последних стадиях инженерно-геологических исследований под строительство, когда выбрано место "посадки", установлены габариты и ориентировка сооружения, а также передаваемые на грунты нагрузки, тип и глубина заложения фундамента, геологическое строение участка и прочее.

*Сущность полевого метода* пробных статических нагрузок состоит в испытании горных пород в условиях естественного залегания пробной нагрузкой, передаваемой на них через штамп, и наблюдением за их сжимаемостью [7,9,10]. Данные этих наблюдений позволяют оценить деформационные свойства горных пород и вычислять модуль общей деформации  $E_0$  (МПа).

Метод используется практически для всех видов грунтов – скальных, полускальных, особенно песчано-глинистых, как наиболее податливых при воздействии на них нагрузки от сооружений.

*Оборудование.* Для каждой разновидности штамповых испытаний разработаны специальные установки и методика проведения опыта. В комплект установки входят: штамп, приспособления для ее нагружения, измерительная аппаратура.

Для испытаний в шурфах, котлованах, шахтах, штольнях применяют жесткие стандартные круглые штампы с плоской подошвой площадью 2500, 5000 (I тип), 10000см<sup>2</sup>, а также штампы 1000 см<sup>2</sup> с жестким кольцом, дополняющим площадь штампа до 5000 см<sup>2</sup>(II тип); для испытаний в скважинах – круглый в плане штамп с плоской подошвой площадью 600см<sup>2</sup> (III тип, диаметр 27,7 см). Кроме того, в настоящее время выпускается винтовой штамп площадью 600 см<sup>2</sup>, который согласно ГОСТ 20276-99 относится к IV типу.

Нагрузка на штамп передается: 1) с помощью гидравлических или пневматических домкратов; 2) тарированными

грузами, укладываемыми на специальную грузовую площадку штампа.

Деформации горных пород под штампом измеряют индикаторами часового типа, прогибомерами и экстензометрами.

Схема испытания грунтов статическими нагрузками в шурфе приведена на рис.2.1. В скважинах глубиной до 20 м наиболее технологичным является винтовой штамп (рис.2.2).

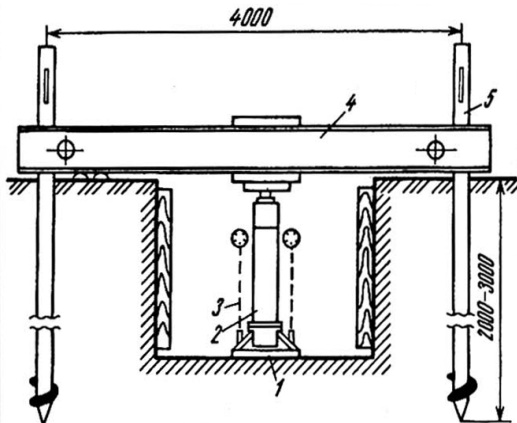


Рис. 2.1. Схема испытания грунтов статическими нагрузками:

- 1-штамп; 2-гидравлический домкрат;  
3-индикаторная установка; 4-продольная упорная балка; 5-винтовые анкерные сваи

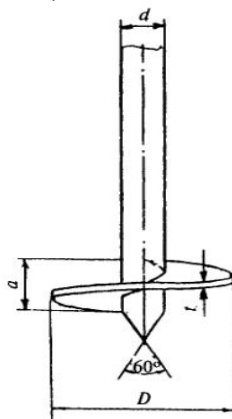


Рис.2.2. Конструкция винтового штампа (по ГОСТ 20276-99)

*Монтаж установки и проведение испытаний.* Для правильной постановки опыта нужно знать точный геологический разрез на всю глубину активной зоны сооружения. Площадка должна быть ровной и строго горизонтальной. Под штампом на поверхности площадки или забоя скважины делается подсыпка (2-5 см) из сухого средне- или мелкозернистого песка, на скальных породах – цементная подушка. При подготовке опытной выработки для испытания горных пород важно следить, чтобы они сохраняли естественное сложение, плотность и влажность.

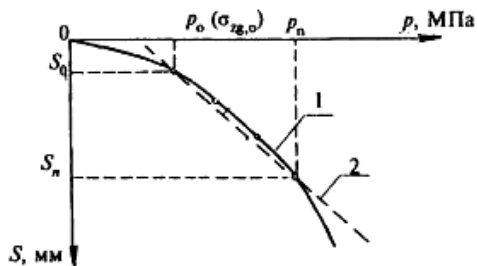
Нагрузка на штамп производится ступенями давлений, величина которых зависит от типа грунта и его состояния. Каждая ступень нагрузки выдерживается до условной стабилизации. Общее

число ступеней нагрузки зависит от податливости пород и предполагаемой нагрузки от сооружения. По мере увеличения давления на грунт увеличивается его осадка. Вначале осадка развивается пропорционально прилагаемой нагрузке, но в какой-то момент она может резко увеличиться при незначительном возрастании нагрузки. Давление, при котором происходит подобное явление, называют *предельным (критическим)*. На графике «нагрузка – осадка» этот момент отмечается перегибом кривой. При достижении критического давления  $P_{кр}$  испытание прекращается.

После окончания опыта производят разгрузку штампа, которая также ведется ступенями вдвое большими, нежели нагрузка.

*Обработка результатов измерений.* В ходе опыта ведется следующая документация: 1) вычерчивается геологический разрез скважины с условным обозначением местоположения штампа; 2) ведется журнал проведения опыта. Результаты исследований сжимаемости и деформационных свойств пород изображают в виде графиков зависимости осадки от нагрузки  $S=f(P)$  и осадки от времени  $S=f(t)$  (рис.2.3).

Если ступени нагрузок назначены правильно и испытание поведено правильно, тогибающая, проведенная по точкам графика  $S=f(P)$ , на его начальном участке имеет вид прямой или близкой к прямой линии.



1 – линейная часть графика; 2 – осредняющая прямая

Рис. 2.3. Образец графического оформления результатов испытания грунта штампом (график зависимости осадки штампа от нагрузки)

Прямолинейный участок используется для вычисления численного значения модуля деформации  $E_0$ :

$$E_0 = (1 - \mu^2) \omega \cdot d \cdot \frac{\Delta P}{\Delta S}, \quad (2.2)$$

где  $\mu$  - коэффициент поперечной деформации горных пород принимаемый равным 0,30 – для песков и супесей; 0,35 – для суглинков и 0,42 - для глин;  $\omega$  - безразмерный коэффициент равный 0,79 для стандартных штампов;  $d$  - диаметр штампа, см;  $\Delta P$  - приращение удельной нагрузки на штамп для прямолинейного участка зависимости  $S=f(P)$ ; МПа;  $\Delta S$  - приращение осадки штампа, соответствующее интервалу приращения нагрузки  $\Delta P$ , мм. При необходимости график  $S = f(P)$  дополняют ветвью разгрузки.

Величина модуля общей деформации дисперсных пород по результатам пробных статических нагрузок обычно больше величины компрессионного модуля. Поправочный коэффициент, называемый часто коэффициентом И.А. Агишева, обычно больше 1.

При необходимости испытания на большей глубине, а также при наличии выше отметки установки штампа водонасыщенных грунтов, затрудняющих проходку шурфов, испытания штампами проводят в буровых скважинах. Для испытаний в скважинах используются круглые штампы площадью 600 см<sup>2</sup> (диаметр 27,7см, тип III, IV). Штампы опускают в скважину, закрепленную обсадными трубами диаметром 325 мм на штамповых трубах диаметром 219 мм с фланцевыми соединениями.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6. Определение параметров деформационных свойств грунтов по результатам штамповых испытаний**

**Цель работы:** закрепление знаний по обработке штамповых испытаний грунтов в шурфах.

Алгоритм выполнения задания:

1. Построить график зависимости осадки штампа  $S$  от давления  $P$ ,  $S=f(P)$  и произвести расчет модуля общей деформации  $E_0$ .

2. Определить общую, упругую и остаточную деформации (в мм).

3. Построить хронологический график для одной из ступеней нагрузки.

Исходные данные по замерам осадок штампа и прилагаемых давлений на штамп, а также характеристик штампового оборудования и параметров скважины по вариантам выдаются преподавателем.

Пример записи данных испытаний приведен в табл. 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1

**Описание пород в разрезе**

Возраст пород	Глубина залегания пород, м	Описание пород
	0,0-0,3	Почвенно-растительный слой
lg III	0,3-2,8	Глина коричневато-бурая, очень плотная, маловлажная, с постепенным увеличением влажности по разрезу
	2,8-12,2	Глина коричневато-серая ленточная мягко- и текучепластичная

Таблица 2.2

**Таблица результатов испытаний**

Удельная нагрузка, Р, МПа	Начало наблюдений	Окончание наблюдений	Продолжительность наблюдений	Осадка, см	
				через 1 мин	за ступень
<b>НАГРУЗКА</b>					
0,05	21.18/20.00	21.18/23.00	3	0,001	0,026
0,08			3	0,035	0,060
0,11			3	0,067	0,084
0,14			3	0,091	0,122
0,17			4	0,130	0,167
0,20			4	0,175	0,211
0,23			5	0,225	0,280
0,26			6	0,290	0,368
0,29			9	0,380	0,489
0,32	23.08/12.00	23.08/20.00	8	0,501	0,596
<b>РАЗГРУЗКА</b>					
0,29			1		0,592

0,26			1		0,588
0,23			1		0,583
0,20			1		0,571
0,17			1		0,555
0,14			1		0,526
0,11			1		0,502
0,08			1		0,465
0,05			1		0,418
0,00			3		0,267

**Данные для построения хронологического графика**

Время набл.	23.08 03.00	15 мин	30 мин	1 ч.	2 ч.	4 ч.	6 ч.	9 ч.
S, см	0,368	0,388	0,396	0,416	0,436	0,460	0,476	0,489

Испытание проведено в шурфе на глубине 3,35 м (абс. отметка 16,82 м). Площадь штампа - 600 см<sup>2</sup> (диаметр 27,7 см).

**Лабораторная работа №7. Определение параметров деформационных свойств грунтов по результатам штамповых испытаний в скважинах**

**Цель работы.** Пользуясь примером, постройте график зависимости осадки штампа S от давления P и определите модуль деформации по данным испытаний, приведенных в таблицах 2.3, 2.4.

*Таблица 2.3*

**Условия опыта:**

Скважина:	38	Площадь штампа, см <sup>2</sup>	600
Абс.отм. устья, м:	1,7	Коэффициент поперечного расширения	0,42
Вид грунта:	Глина (ИГЭ-4)	Бытовое давление грунта, МПа:	0,16
Схема нагружения:	нагрузка-разрузка	Давление от оборудования, МПа:	0,1
Глубина испытания, м:	15,2	Глубина УГВ, м	2,0



Таблица 2.4

## Данные штамповых испытаний в скважине №4

Степень давления на грунт от штампа (МПа)	Осадка штампа, мм		
	с учетом деформации трубы	деформации трубы, мм	по показаниям прогибомеров, мм
1	2	3	4
0,1	0,00	0,00	0,00
0,15	0,61	0,08	0,69
0,2	1,01	0,16	1,17
0,25	1,73	0,24	1,97
0,275	2,21	0,29	2,50
0,3	2,95	0,32	3,27
0,35	4,94	0,40	5,34
0,4	6,52	0,48	7,00
0,5	8,91	0,65	9,56
0,6	11,72	0,81	12,53
0,5	11,50	0,65	12,15
0,4	11,02	0,48	11,50
0,3	10,24	0,32	10,56
0,2	9,23	0,16	9,39
0,15	8,52	0,08	8,60
0,2	8,46	0,16	8,62
0,3	8,96	0,32	9,28
0,4	9,69	0,48	10,17
0,45	10,03	0,57	10,60
0,5	10,54	0,65	11,19
0,55	11,10	0,73	11,83
0,6	11,93	0,81	12,74
0,65	13,11	0,89	14,00
0,7	15,12	0,97	16,09

0,6	14,89	0,81	15,7
0,5	14,16	0,65	14,81
0,4	13,84	0,48	14,32
3,00	13,11	0,32	13,43
2,00	11,85	0,16	12,01
1,00	9,25	0,00	9,25

Результаты расчета модуля деформации приведены в таблице 2.5. Сравните полученные данные. В заключении необходимо отметить как были получены показатели  $E_0$  и  $E_u$ . В каких расчетах их используют?

Таблица 2.5

**Результаты расчета модуля деформации по ГОСТ 20276-99**

Прямолинейный участок осадки	Интервал давлений, МПа				
	Основ. цикл	0,2	0,15	Повтор цикл	0,2
		0,25	0,6		0,5
Модуль деформации $E_0$ , МПа		<b>8,6</b>			<b>18,4</b>
Модуль упругости $E_u$ , МПа			<b>17,7</b>		

**2.2.2. Изучение деформационных и прочностных свойств грунтов прессиометрическим методом**

Весьма перспективным методом для определения деформационных и в некоторых случаях прочностных свойств грунтов является прессиометрический метод. Преимущества прессиометрических испытаний заключается в том, что с их помощью можно изучать деформационные свойства практически любых грунтов: от скальных до дисперсных, но наиболее часто этот метод применяют при изучении свойств песчаных и глинистых пород. Испытания проводятся в скважинах на глубинах до 50 м.

*Сущность метода* заключается в горизонтальном обжатии стенок скважин на некотором участке ее длины всесторонним

давлением с одновременным замером деформаций пород. Это один из современных и уже довольно широко применяемых методов изучения деформационных свойств горных пород [7,9,10].

*Применяемое оборудование.* Прессиометр представляет собой цилиндр (камеру) с эластичными стенками, состоит из двух частей: устройства для передачи давления на породу и устройства для замера деформаций. По устройству передачи давления прессиометры подразделяются на три группы: гидравлические, пневмоэлектрические, механические. По конструкции скважинного зонда на однокамерные и трехкамерные.

*Проведение испытаний.* Прессиометр устанавливают в скважине и под воздействием давления жидкости (гидравлический прессиометр) или газа (пневматический прессиометр), нагнетаемых степенями в камеру, производят уплотнение горных пород в стенках скважины и одновременно определяют значения действующего давления и деформации горных пород. В соответствии с целевым назначением инженерно-геологических исследований различают две методики проведения прессиометрических испытаний — ускоренную и длительную.

Ускоренная методика предполагает быстрое ступенчатое повышение давления в скважинном зонде. Преимуществом методики является то, что общая продолжительность одного испытания составляет 15–25 мин. Однако эти испытания несут в себе существенные погрешности методического плана. В частности, при их проведении в водонасыщенных породах возникает высокое поровое давление, искажающее результаты испытаний. Длительные испытания, как и ускоренные, предполагают ступенчатое возрастание давления в прессиометре.

Минимальная мощность слоя, который может быть опробован, должна быть не менее 1,5 длины зонда прессиометра. В зависимости от сложности разреза проводят испытания каждой литологической разности пород или в случае однородной толщи через определенные интервалы по глубине. Бурение скважин сопровождается отбором образцов для определения плотности, влажности и т.п. Время приложения следующей ступени нагрузки определяют по затуханию деформаций породы от предыдущей

ступени нагружения. Продолжительность одного испытания, проведенного при медленном режиме, составляет 6-8 ч.

*Обработка результатов испытаний.* По результатам испытаний строится график зависимости деформаций стенок скважины от приложенного с помощью прессиометра давления  $P$  (рис 3.4). На график наносится тарировочная кривая I, полученная при свободном расширении прессиометра, и кривая II, полученная по результатам испытания грунта в скважине.

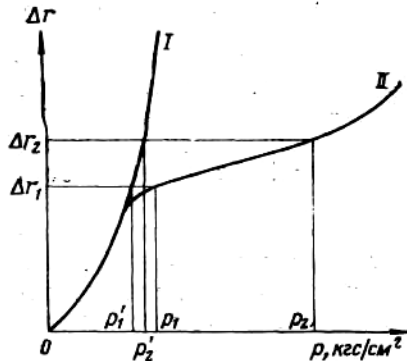


Рис.2.4. График испытания грунта прессиометром: I- тарировочная кривая; II- кривая испытаний

Модуль деформации пород определяется по прямолинейному участку графика по формуле:

$$E_0 = (1 + \mu) \cdot r_0 \frac{\Delta p}{\Delta r}, \quad (3.2)$$

где  $\mu$  – коэффициент поперечной деформации горных пород. Среднее значение  $\mu$  крупнообломочных пород равно 0,27, песков и супесей – 0,30, суглинков – 0,35, глин – 0,42;  $r_0$  – начальный радиус скважины, соответствующий значениям  $p_1$  и  $\Delta r_1$  на графике зависимости  $\Delta r = f(p)$  (см.рис.3.4). Если прессиометрические испытания доведены до полного разрушения породы, то для них могут быть определены и прочностные свойства.

В соответствии с СП 11-105-97 число определений модуля деформации для получения надежных результатов должно быть не менее 6.

### Лабораторная работа №8. Обработка результатов испытаний песков гидравлическим прессиометром

**Цель работы:** Построить график зависимости  $\Delta V=f(P)$  и для его прямолинейного участка вычислить модуль общей деформации  $E_0$ :

$$E_0 = (1 + \mu) \frac{2V_0}{\Delta V} \Delta P \quad (3,3)$$

где  $\mu$  – коэффициент поперечной деформации;  $V_0$  – объем камеры прессиометра, отвечающие началу интервала  $\Delta P$ ,  $\text{см}^3$ , определяется по формуле:

$$V_0 = V_{np} + \Delta V' \quad (3,4)$$

где  $V_{np}$  – начальный объем камеры прессиометра диаметром 108 мм и длиной рабочей части 45 см;  $V'$  – приращение объема камеры к началу интервала  $\Delta P$ ;  $\Delta P$  – интервал давлений на прямолинейном участке зависимости, МПа;  $V$  – приращение объема на расчетном участке зависимости,  $\text{см}^3$ .

Форма журнала наблюдений по результатам прессиометрических испытаний показана в табл.2.6 (варианты заданий даются преподавателем).

Таблица 2.6

#### Журнал наблюдений

Отметки времени наблюдений, мин	Показан. манометра, $\text{кг}/\text{см}^2$	Количество опорожненных трубок	Объем воды в трубках, $\text{см}^3$	Изменение объема камеры прессиометра, $\text{см}^3$	Давление в центре камеры, МПа
5	0,25	1+8 см			
10	0,50	4+8 см			
15	0,75	2			
20	1,00	3			
25	1,25	5+6 см			
30	1,50	5+18 см			

Изменение объема камеры прессиометра фиксируется измерительными трубками, опорожняемых при росте деформаций породы в стенках скважины (расширении камеры прессиометра). Испытания проведены на глубине 2 м (учесть давление столба воды при определении Р). Диаметр измерительной трубки  $d = 1,2$  см; Высота измерительной трубки  $h = 26$  см; Диаметр прессиометра  $= 108$  мм; Высота прессиометра  $= 460$  мм.

### Лабораторная работа № 9. Обработка данных прессиометрических испытаний прибором П-89

**Цель работы:** обработка данных прессиометрических испытаний прибором П-89.

Испытания проводились в песках средней плотности в скважине на глубине 3,0 м ( $\mu=0,3$ ;  $\rho=1,76$  г/см<sup>3</sup>). Диаметр скважины 112 м. Начальный диаметр камеры 100 мм. Высота центральной камеры 200 мм.

Построить графики  $\Delta d = f(P)$  и рассчитать  $E_0$  в пределах прямолинейного участка зависимости. Режим испытаний медленный. Таблица наблюдений за изменениями объема рабочей камеры в см<sup>3</sup> приведена таблице 2.7.

Таблица 2.7

#### Изменение объема рабочей камеры в зависимости от Р

Давление в центре камеры, Р, МПа	5'	10'	15'	30'	45'	60'	$\Delta d$ , см
0,5	85	85,5	86	87	87		
1,0	117	119	122	125	125		
1,5	175	150	155	159	160	160	
2,0	175	177	179	182	182		
2,5	200	208	211	214	215	215	
3,0	230	235	238	244	245	245	
3,5	270	282	299	308	308		
4,0	397	403	411	413	413		
4,5	559	566	571	575	575	575	
5,0	927	933	940	941	941		
4,5	940						
4,0	936						
3,5	895						
3,0	873						

2,5	848						
2,0	819						
1,5	761						
1,0	713						
0,5	650						
0,0							

### 2.2.3. Обработка данных определения показателей сопротивления сдвигу в полевых условиях

Прочность пород при сдвиге (срезе) характеризуется, как известно, двумя показателями: *коэффициентом внутреннего трения и сцеплением*, которые входят в уравнение прочности Кулона- Мора:

$$\tau = \text{tg}\varphi \cdot \sigma + c \quad (2.6)$$

Для практических расчетов песчано-глинистые породы исследуются, как правило, в сдвиговых приборах с отдельным приложением нормальных и касательных давлений.

На прочность пород большое влияние оказывает трещиноватость, слоистость и сланцеватость. Сопротивление по выдержанной трещине или по контакту наслоения характеризуется практически только трением, поэтому здесь его можно определить испытанием на трение двух поверхностей и записать выражение:  $\tau = \sigma \text{tg}\varphi'$ , где  $\varphi'$  - трение по контакту двух поверхностей. Исследования показывают, что если по поверхностям не происходили изменения состава, состояния вмещающей породы, то угол трения по этим поверхностям равен углу внутреннего трения породы.

Совершенно очевидно, что для трещиноватых пород определение показателей прочности  $\varphi$  и  $C$  следует вести отдельно. Для этого угол трения определяют по результатам опытов по готовой поверхности, а сцепление вычисляется по данным полевых опытов. Причем прочность в массиве зависит от двух величин: прочности породы в образце; масштабного фактора через коэффициент структурного ослабления

$$\lambda = C_{\text{массива}} / C_{\text{образца}} \quad (2.7)$$

Исследования ВНИМИ показали, что коэффициент структурного ослабления можно определить по данным изучения трещиноватости пород.

Ниже рассмотрим один из методов оценки прочности пород в массиве.

*Испытание на сдвиг по методу ВНИМИ* (испытание на сдвиг при помощи обрушения и среза призм пород под действием одной нагрузки, приложенной под углом к плоскости сдвига). Метод ВНИМИ был предложен Г.Л. Фисенко в двух модификациях (рис. 2.5).

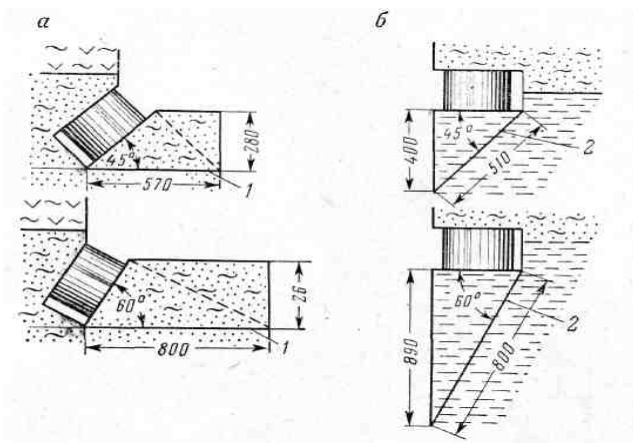


Рис. 2.5. Схема полевых испытаний на сдвиг по методу ВНИМИ [2]

а. — по контактам пород; б — вкrest слоистости в отвалах;  
1 — контакт; 2 — плоскость среза

Первая модификация (а) предусматривает сдвиг призмы породы по плоскости ослабления (поверхности напластования, трещине) нагрузкой приложенной под углом 45 и 60 ° к этой плоскости, а вторая (б) - сдвиг - обрушение призмы породы под углом 45 и 60° к напластованию породы. Особенностью схемы испытаний, изображенной на рис. 3.5, является то, что нормальные и касательные напряжения создаются одним усилием, направленным под углом к плоскости скольжения. Для проведения испытаний в породе делают прорезь, куда закладывают плоский домкрат.



Сдвигающее усилие создается при помощи гидродомкрата или гидравлической подушки.

### Лабораторная работа №10. Оценка параметров прочности в полевых условиях

**Цель работы:** 1) рассчитать сцепление массива по плоскости среза (обрушение призмы); 2) оценить коэффициент структурного ослабления  $\lambda_{co}$ .

Условия проведения опыта. Натурные испытания проведены в песчаниках с плотным цементом трещиноватых. В лабораторных условиях по образцам методом «плашка по плашке» определен угол внутреннего трения  $\varphi=30^\circ$ . Испытания образца в условиях одноосного сжатия показали, что  $R_{сж}=100$  МПа.

Для оценки сцепления в массиве в стенке шурфа ( в ее нижней части) сделана щель, которая имела размеры 60х60 см, куда вставлена металлическая пластина того же размера и толщиной 1-2 см. Срез должен проходить по поверхности под углом  $45^\circ$ С(опыт 1) и  $60^\circ$ С (опыт 2). Из расчета площади треугольника мы узнаем длину плоскости среза (б), при известной  $a= 0,6$  м. Исходные данные приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8

#### Исходные данные для обработки данных испытаний на сдвиг по методу ВНИМИ

Вариант	$P_1, Tc$	$P_2, Tc$	Вариант	$P_1, Tc$	$P_2, Tc$
1	299,5	161,0	6	516,0	380,6
2	351,2	278,2	7	542,3	468,5
3	423,1	311,1	8	557,3	409,9
4	454,1	329,4	9	577,9	439,2
5	485,0	358,7	10	242,5	197,6

В результате среза первого опыта мы получаем усилие  $P_1$  (Tc), площадь среза ( $S_1$ ). В результате среза второго опыта мы получаем  $P_2, Tc$ , определим площадь среза  $S_2$ . Данные опыта позволят нам рассчитать давление, необходимое для обрушения призмы под углом  $45^\circ$ С и  $60^\circ$ С:  $\sigma_1$ , МПа и  $\sigma_2$ , МПа.

Для получения показателей прочности ( $\varphi$  и C) построим диаграмму сопротивления сдвигу  $\tau=f(\sigma)$ : и на лучах под углом к горизонту  $45^\circ$ С и  $60^\circ$ С в том же масштабе отложим отрезки, равные

$\sigma_1$  и  $\sigma_2$ . Соединив эти точки прямой линией, мы получим параметры угла внутреннего трения и сцепления в массиве. Получив  $C_{\text{массива}}$ , рассчитаем коэффициент структурного ослабления  $\lambda_{\text{со}}$ .

#### **2.2.4. Изучение разреза грунтов и предварительная оценка их свойств методом динамического зондирования**

Метод динамического зондирования как полевой метод исследования горных пород основан на определении их сопротивления внедрению соответствующего наконечника под действием динамической (ручной или механической) нагрузки. Основными *задачами*, решаемыми динамическим зондированием, являются [3,6,10]:

- выделение в однородных по петрографическому составу, главным образом песчаных породах, слоев, отличающихся как более рыхлым, так и более плотным сложением, оконтуривание их с достаточной степенью детализации;

- определение положения границ, разделяющих петрографически неоднородные слои, без сгущения сети разведочных выработок, т.е. выделение инженерно-геологических элементов;

- оценка пространственной изменчивости состава и свойств горных пород;

- определение глубины залегания кровли дочетвертичных сильнолитифицированных глин, скальных и крупнообломочных пород;

- приближенная количественная оценка показателей физико-механических свойств пород.

Значительная величина силового воздействия, простота оборудования и производства работ, отсутствие анкерных устройств делают в некоторых случаях метод динамического зондирования одним из немногих, пригодных для исследования свойств пород, например, естественных и искусственных намытых песков ниже уровня грунтовых вод.

*Условия применения динамического зондирования* регламентируются строительными нормами: оно рекомендуется для исследования песчаных и глинистых пород, содержащих не более

40% крупнообломочной фракции, за исключением пылеватых водонасыщенных песков и глинистых пород неустойчивой консистенции (мягкопластичной, текучепластичной и текучей). Использование данных динамического зондирования ограничивается глубиной 20 м.

*Оборудование.* При испытаниях грунтов динамическим зондированием применяют различные установки. Эстонпроектом сконструирована легкая переносная установка в комплект которой входит наконечник с углом заострения  $60^\circ$  и площадью основания конуса  $10 \text{ см}^2$ , стальные стержни-штанги диаметром 22 мм, длиной  $l$  м и массой 2,5 кг, соединяющие наконечник с ударным приспособлением. Зонд забивается ударником массой 10 кг, свободно перемещающимся по направляющей штанге. На верхнюю штангу зонда навертывается вкладыш, на который свободно надевается подбавник, воспринимающий удар молота, падающего с высоты 50 см. Прямые показатели опыта записывают в журнал наблюдений (табл.2.9).

Таблица 2.9

**Показатель динамического зондирования  $N$  в зависимости от глубины погружения зонда, уд/дм**

Метры	Дециметры								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

*Обработка результатов.* В качестве меры сопротивления породы внедрению конического наконечника при динамическом зондировании применяют прямые характеристики, получаемые в ходе испытаний:  $N$  - количество ударов, необходимых для погружения зонда на  $l$  дм или  $S$  - глубина погружения зонда от заданного количества ударов молота. Чтобы можно было сопоставить результаты зондирования независимо от глубины, необходимо вводить поправки на изменение массы зонда и возрастающего трения по поверхности зонда. Значение коэффициента  $\Phi$  для учета потерь энергии на трение штанг о грунт даны в нормативных документах. Влияние изменения массы зонда исключают, вводя поправочный коэффициент

$$\alpha = \frac{k_{II}}{k_I}, \quad (2.8)$$

где  $k_{II}$  и  $k_I$  - коэффициенты потерь энергии при ударе для расчетного интервала глубины и для первого интервала (0-1,5 м) соответственно. При зондировании нестандартным оборудованием коэффициент  $K$  определяется по формуле:

$$k = \frac{M_M + l^2 \sum M_3}{M_M + \sum M_3}, \quad (2.9)$$

где  $M_M$  - масса ударника, кг;  $\sum M_3$  - масса зонда и направляющей молота, кг;  $l$  - коэффициент восстановления скорости молота при ударе,  $l=0,56$ . По этим поправкам следует рассчитывать исправленное количество ударов на 1 дм погружения зонда:

$$N = \alpha \Phi N_\Phi. \quad (2.10)$$

*Интерпретация результатов.* Результаты динамического зондирования оформляются в виде непрерывных графиков, на которых по оси ординат откладывается глубина погружения зонда в метрах, а по оси абсцисс - вычисленные значения  $N$  соответственно глубинам определения.

Для последующего выделения в разрезе участков с одинаковым динамическим сопротивлением по показателю  $N$  строят график в координатах, глубина зондирования - количество ударов нарастающим итогом. Точки перелома графика определяют границы слоев

В качестве показателя динамического зондирования принята величина *условного динамического сопротивления грунта погружению стандартного зонда* ( $R_d, \text{МПа}$ ):

$$R_d = \frac{k \Pi_0 \Phi n}{S}, \quad (2.11)$$

где  $k$  - коэффициент для учета потерь энергии при ударе, определяемый по специальным таблицам;  $\Pi_0$  - коэффициент влияния применяемого оборудования;  $\Phi$  - коэффициент для учета трения штанг о горные породы;  $n$  - число ударов в залеге;  $S$  - глубина погружения за залог.

При характеристике пород показателем условного

динамического сопротивления результаты оформляют в виде непрерывного ступенчатого графика изменения значений  $R_d$  по глубине с последующим осреднением графика вычислением средневзвешенных показателей зондирования. Графики динамического зондирования следует совмещать с разрезом по скважине, расположенной вблизи точки зондирования. По величине показателей зондирования  $N$  и  $R_d$  устанавливают ориентировочные значения показателей физико-механических свойств горных пород.

### **Лабораторная работа №11. Обработка результатов динамического зондирования ручным комплектом.**

**Цель работы:** обработать результаты динамического зондирования ручным комплектом.

Комплект зондирования имеет следующие характеристики:

- масса зонда при первой штанге 9,2 кг ( $\Sigma M_{31}$ )
- масса штанги 2,4 кг
- масса молота 10 кг ( $M_m$ )
- высота сбрасывания молота 65 см ( $H$ )
- площадь основания конуса 10 см<sup>2</sup> ( $F$ )

Коэффициент  $\Phi$  для учета потерь на трение штанг можно принять равным 1.

При расчетах таблицу  $N_\phi$  задания заменить таблицей  $Rd$ .

Построить диаграмму  $Rd=f(h)$ . Для песчаных разностей по СП оценить относительную плотность сложения, модуль общей деформации и угол внутреннего трения.

Пример журнала наблюдений при динамическом зондировании ручным комплектом приведен в таблицах 2.10-2.11.

*Таблица 2.10*

#### **Разрез по данным бурения**

<b>Индекс</b>	<b>Глубина залегания пород, м</b>	<b>Описание пород</b>
t IV	0,0-1,8	Насыпные пески рыхлые мелкие и пылеватые, в подошве (с гл. 1,4 м крупные обломки)
m,1 IV lt	1,8-5,1	Супеси с растительными остатками и отдельными прослоями песка мелкого

	5,1-6,2	Пески мелкие водонасыщенные
1 IV an	6,2-6,9	Супеси пылеватые пластичные

Таблица 2.11

**Журнал наблюдений при динамическом зондировании ручным комплектом**

м / дм	Число ударов для забивки конуса на 10 см									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	-	-	-	5	4	3	3	2	2
1	2	5*	10	8	20	76	80	49	15	7
2	8	6*	9	7	7	9	7	6	8	8
3	7	7*	6	6	17	4	3	4	12	12
4	7	5*	7	8	9	6	7	12	15	12
5	10	8*	19	18	19	32	29	12	11	17
6	17	18*	14	14	13	15	13	15	15	17

\* - глубина наращивания очередной штанги зонда

**2.2.5. Изучение разреза грунтов и предварительная оценка их свойств методом статического зондирования**

Метод статического зондирования грунтов (ГОСТ 19912-2001) может эффективно применяться как самостоятельно, так и в сочетании с другими методами получения инженерно-геологической информации. Преимущество этих результатов в том, что они получены для пород в условиях их естественного залегания. В сочетании с бурением и геофизикой статическое зондирование позволяет существенно повысить качество изысканий.

*Сущность метода.* Статическое зондирование заключается во вдавливании в горную породу при помощи гидравлического, винтового или реечного устройств конического наконечника на штангах. При этом измеряют сопротивление пород при погружении конуса и общее усилие, необходимое для погружения конуса и трубы.

Согласно государственному стандарту [10] метод применим для исследований песчаных и глинистых пород, содержащих не более 25 % (по массе) частиц, крупнее 10 мм.

С помощью статического зондирования решают ряд следующих задач: 1) выяснение степени неоднородности геологического разреза по глубине и в плане; 2) уточнение разреза,

характера напластования, глубины залегания горных пород или более плотных и прочных; 3) количественная оценка показателей физико-механических свойств пород: плотности, угла внутреннего трения песчаных пород, консистенции глинистых пород, модуля общей деформации [2,4,6,10].

*Оборудование.* По мощности силового оборудования установки статического зондирования подразделяются на легкие, средние и тяжелые. Установка, как правило, включает: зонд (со штангами и каналами связи); механизм вдавливания зонда; опорное устройство, соответствующее конструкции установки; измерительно-регистрирующую аппаратуру (рис.2.6).

В настоящее время информация, регистрируемая в ходе вдавливания зонда, накапливается на дискретных цифровых файлах и визуализируется в виде непрерывных графиков в определенном масштабе, как для параметров зондирования, так и по глубине. Для записи графиков зондирования используются специальные полевые самописцы, портативные компьютеры с соответствующим программным обеспечением.

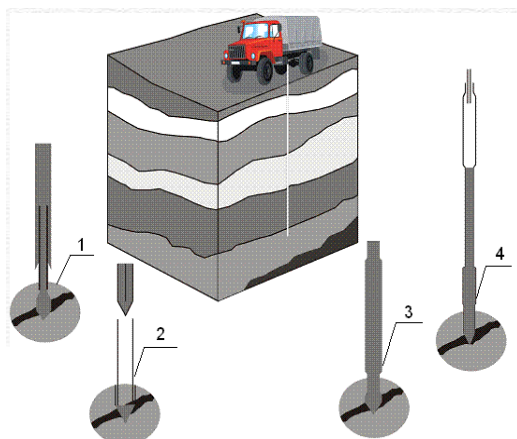


Рис. 2.6. Общий вид самоходной пенетрационной установки: 1 – вдавливаемый пробоотборник грунтовых вод; 2 – вдавливаемый пробоотборник

грунта; 3 – вдавливаемый пьезометр; 4 – универсальный конусный пенетромтр, снабжённый

При планировании инженерных изысканий следует учитывать, что статическое зондирование обладает широкими технологическими возможностями для выполнения пробоотбора грунтов и подземных вод, а также специальных исследований грунтов в условиях естественного залегания.

### **Лабораторная работа 12. Оценка информации, полученной о геологическом разрезе пород основания здания по данным бурения и статического зондирования**

Проектируется сооружение III класса ответственности, предназначенное для складского помещения; имеет в плане квадратную форму со стороной 6 м. По периметру сооружения проектируется ленточный фундамент глубиной 2 м, а в центре - квадратный столбчатый фундамент со стороной сечения 1 м и глубиной 4 м. На строительной площадке по оси сооружения пройдена скважина и выполнена точка статического зондирования.

Разведочная скважина диаметром 127 мм и абс. отм. устья 99,62 м показала следующий разрез:

Слой 1. Почвенно-растительный слой. Мощность 0,90 м; глубина до подошвы слоя 0,90 м; геологический индекс - pdIV.

Слой 2. Песок серый, мелкий, ожелезненный. Мощность 0,60 м; глубина до подошвы слоя 1,50 м; геологический индекс - a-d III-IV.

Слой 3. Песок средней крупности, сильновлажный. Мощность 1,30 м; глубина до подошвы слоя 2,80 м; индекс - a-d III-IV.

Слой 4. Суглинок серовато-коричневый с включениями гальки и гравия, тугопластичной консистенции. Мощность 2,60 м; глубина до подошвы слоя 5,40 м; геологический индекс - a-d III-IV.

Слой 4а. Суглинок серовато-коричневый с включениями гальки и гравия полутвердой консистенции. Мощность 2,0 м; глубина до подошвы слоя 7,40 м; геологический индекс - a-d III-IV.



Слой 5. Песок желто-серый, крупный кварцевый. Мощность 0,90 м; глубина до подошвы слоя 8,30 м; индекс - а-d III-IV.

Слой 6. Галечниковый грунт с гравием. Мощность 0,70 м; глубина до подошвы слоя 9,0 м; геологический индекс - а-d III-IV.

Из слоев №№3-6 отобраны единичные образцы с нарушенной структурой грунтов на неполный комплекс определений показателей физических свойств. Данные лабораторных исследований подтвердили номенклатурный тип грунтов, установленный при визуальном описании керна скважины.

Выработка статического зондирования пройдена в центре квадрата контура проектируемого сооружения. Абс. отм. точки зондирования 99,59м, а выборочные данные по изменению лобового сопротивления гз под конусом зонда представлены в таблице 2.12.

Таблица 2.12

**Изменение лобового сопротивления под конусом зонда**

Глубина, м	0,5	1,0	2,0	2,3	2,5	3,0	3,3	4,0
гз, МПа	3	2	9	5,5	5,0	7,0	2,0	1,6
Глубина, м	5,0	5,5	6,0	6,8	7,0	7,5	7,9	8,0
гз, МПа	3,0	6,0	14,0	18,0	16,0	10,0	12,0	24,0

**Цель работы:** 1) оценить сходство информации, полученной о геологическом разрезе пород основания сооружений по данным бурения и статического зондирования (обосновать колонкой и графиком);

2) установить нормативные значения модуля деформации и прочностных свойств грунтов (угол внутреннего трения и сцепление) в слоях, для которых достаточно полученной информации по разведочной и зондировочным скважинам, считая, что активная зона сжатия грунтов составляет не более 8м.

### **Контрольные вопросы по теме.**

1. Сущность полевого метода пробных статических нагрузок.
2. Какие достоинства и недостатки полевых опытных работ?
3. Какой нормативный документ регламентирует штамповые испытания?

4. Какие параметры горных пород (грунтов) определяются при штамповых испытаниях?
5. Назовите преимущества и недостатки этого метода.
6. Для какой цели служит ветвь разгрузки штампа.
7. От чего зависит величина ступеней давлений?
8. Что такое предельное (критическое) давление, полученное по результатам штамповых испытаний?
9. Охарактеризуйте штамп типа П.
10. Особенности проведения штамповых испытаний в пределах развития лессовых пород.
11. Что понимается под прессиометрией?
12. Какие параметры грунтов можно определить этим методом?
13. Назовите разновидности прессиометров.
14. Как выполняется обработка результатов прессиометрических опытов?
15. К какой разновидности прессиометров относится прессиометр ЛПМ-15?
16. Можно ли определить параметры прочности пород по результатам прессиометрических испытаний?
17. Сколько опытов прессиометром принято выполнять для одного ИГЭ по СП 446.13258.2019.
18. Что такое динамическое зондирование? Назовите главный показатель динамического зондирования?
19. Какое условное динамическое сопротивление показывают плотные крупнозернистые и среднезернистые пески независимо от влажности? Какой угол внутреннего трения у мелкозернистых песков при  $R_{\delta} = 3,5$  МПа?
20. Какой модуль общей деформации покажут глины и суглинки при  $R_{\delta} = 5$  МПа? Какой ориентировочный модуль общей деформации для м/з песков при  $R_{\delta} = 14$  МПа.
21. Число определений  $R_{\delta}$  в одном ИГЭ (по СП). Какое опробование производится параллельно с ударным зондированием в песках?
22. Сущность метода статического зондирования. Какие задачи решают с помощью этого метода?

23. Основные параметры, полученные по результатам статического зондирования.

24. Под какими двумя характерными углами проходит поверхность скольжения в опытах в трещиноватом массиве. Чем создается нагрузка для разрушения опытной призмы в массиве пород? По какой поверхности происходит разрушение призмы прислоненной к стенке шурфа при ее раздавливании?

25. Можно ли определить прочность пород на одноосное сжатие в условиях естественного залегания? Сколько сдвиговых опытов минимум нужно провести в полевых условиях для определения  $C$  и  $\varphi$ .

### **2.3. Обработка результатов лабораторного изучения свойств грунтов**

Результаты лабораторных испытаний грунтов в настоящее время обрабатывают в соответствии с указаниями ГОСТ 20522-96. Этот стандарт устанавливает методы статистической обработки результатов лабораторных испытаний грунтов, используемых при инженерно-геологических изысканиях.

Статистическую обработку результатов испытаний выполняют для инженерно-геологических элементов (ИГЭ) или расчетных грунтовых элементов (РГЭ) [2,6,8].

Основной структурной единицей толщи горных пород является *инженерно-геологический элемент (ИГЭ)*, в основе выделения которого лежат генетико-возрастной и литологический принципы, по которым выделяются различные по составу и строению слои. Выделенные ИГЭ не обязательно должны полностью совпадать с геологическим слоем, часто они представляют определенную его часть. Однако, здесь нужно быть уверенным, что при расчленении геологического разреза выполнено правило геологической однородности пород в стратиграфическом, генетическом и петрографическом отношениях и выделенные ИГЭ имеют простой стационарный режим изменчивости. При сложном характере изменчивости свойств по площади и глубине, необходимо выделять зоны и подзоны, в пределах которых изменение свойств можно было бы считать практически простым – стационарным.

Согласно СП 446.1325800.2019 *инженерно-геологический элемент (ИГЭ)* – это слой, включающий некоторый объем грунта одного и того же типа (подтипа), вида (подвида) и разновидности при изменении значений характеристик грунта в пределах элемента случайно (незакономерно) или при наблюдающейся закономерности изменения характеристик грунтов с коэффициентом вариации для физических характеристик грунта  $\leq 0,15$ , для механических  $\leq 0,30$  [12].

В разрезе площадки проектируемого строительства предварительно выделяют ИГЭ в соответствии с ГОСТ 20522-2012 с учетом их происхождения, вида и текстурно-структурных особенностей. Если выполняется условие  $V < V_{\text{доп}}$  (где  $V$  – коэффициент вариации;  $V_{\text{доп}}$  – допустимое значение  $V$ ), то дополнительное разделение ИГЭ не проводят. В случае, когда коэффициенты вариации превышают значения 0,15 (для физических характеристик), 0,30 (для механических), проводят дальнейшее разделение ИГЭ.

Коэффициенты вариации вычисляются по формуле:

$$V = \frac{S}{X_n}, \quad 2.12$$

$X_n$  – среднеарифметическое значение, вычисляемое по формуле:

$$X_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad 2.13$$

$X_i$  – частные значения характеристики, получаемые по результатам отдельных опытов

$n$  – число определений характеристики.

$S$  – среднеквадратическое отклонение характеристики, вычисляемое по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_n - X_i)^2}, \quad 2.14$$

В нормативных документах по инженерно-геологическим изысканиям используется понятие «*расчетный грунтовый элемент*»

- основная грунтовая единица, используемая при создании расчетной геомеханической модели, включающая некоторый объем грунта не обязательно одного и того же типа (подтипа), вида (подвида), в пределах которого нормативные и расчетные значения характеристик по условиям применяемого метода проектирования объекта могут быть постоянными или закономерно изменяющимися по направлению. При этом РГЭ может включать в себя один или несколько ИГЭ) [2].

Для всех характеристик грунта (породы) вычисляют нормативные, а для характеристик, используемых в расчетах, и расчетные значения. За *нормативный показатель* свойств данной породы, слагающей ИГЭ, слой, зону, принимают среднее значение, полученное по данным испытаний, число которых достаточно для статистического обобщения [2,6]. На стадиях инженерно-геологических изысканий для разработки проектной документации кроме нормативных показателей необходимо устанавливать *расчетные*, особо обоснованные для использования в окончательных расчетах. Расчетное значение получают делением нормативного значения на коэффициент надежности по грунту. Коэффициент надежности по грунту устанавливается с учетом изменчивости, точности оценки и числа определений характеристики при заданной доверительной вероятности, значения которой принимают в соответствии с рекомендациями норм проектирования различных видов сооружений.

### **Лабораторная работа №13,14.**

#### **Выделение инженерно-геологических элементов**

**Цель работы:** освоить методы обработки показателей свойств грунтов при выделении инженерно-геологических элементов.

Алгоритм выполнения задания:

1. Закрепление знаний по определению показателей физических свойств (рассчитать по формулам расчетные показатели соответственно вариантам).

2. Освоить методику обработки результатов компрессионных и сдвиговых испытаний грунтов (по данным испытаний построить

компрессионную кривую и диаграмму сопротивления сдвигу, рассчитать параметры деформационных и прочностных свойств).

3. По данным испытаний грунтов в стабилометре определить прочностные характеристики глинистой породы.

4. Вычислить нормативные значения показателей физико-механических свойств (результаты лабораторных определений физико-механических свойств грунтов выдаются преподавателем) и уточнить наименование грунта по ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация.

5. Вычислить коэффициенты вариации характеристик грунтов, определить правильность выделения ИГЭ.

### **Контрольные вопросы по теме**

1. Пробы из скальных пород отбирают главным образом для?
2. Требования к достоверности и надежности показателей физико-механических свойств горных пород?
3. Что такое обобщенный (нормативный) показатель? На какой стадии исследований достаточны?
4. На стадиях детальных и дополнительных исследований кроме обобщенных показателей необходимо устанавливать расчетные параметры. Что такое расчетный показатель?
5. Какие проблемы решают при отборе образцов ненарушенного сложения?
6. Что такое инженерно-геологический элемент? Определение ИГЭ по физико-механическим свойствам.
7. При опробовании горных пород необходимо придерживаться правила их геологической однородности в стратиграфическом, генетическом и петрографическом отношениях. Что это значит?
8. Определение ИГЭ по статистическим показателям?
9. Какие особенности обработки результатов компрессионных испытаний?
10. Сдвиговые испытания, обработка результатов.
11. В чем суть обработки стабилометрических испытаний.
12. Как определить коэффициент вариации и для чего он используется?

### 3. Геологические условия строительства гражданских и промышленных зданий и сооружений

Применительно к гражданским и промышленным зданиям и сооружениям все материалы, характеризующие инженерно-геологические условия строительства на выбранной площадке, прежде всего, должны обеспечить выбор естественных оснований для них и обосновать проектирование фундаментов.

Для одного и того же сооружения можно всегда наметить несколько типов фундаментов. Однако окончательный выбор должен базироваться не только на требованиях прочности, устойчивости, долговечности и надежности эксплуатации сооружения, но и учитывать технико-экономические показатели.

Фундаменты, передавая давление на горные породы, обуславливают их напряженное состояние, которое распространяется на значительную глубину. В инженерной практике зону горных пород ниже подошвы фундамента, в пределах которой возникают дополнительные напряжения от веса сооружения, называют *активной или зоной влияния сооружения*.

Работу конструкции любого здания или сооружения необходимо рассматривать совместно с деформируемыми горными породами, поскольку сооружение и залегающие в его основании породы представляют собой единую систему. Сооружение работает совместно с грунтом, поэтому под действием нагрузки от сооружения деформируется порода. Оценка работы несущих конструкций зданий вместе с горными породами основания является наиболее сложной задачей расчета устойчивости сооружений [1,6,12].

Наибольшее значение при исследовании прочности и устойчивости сооружений имеет *неравномерность развития деформаций горных пород основания*, которая влечет за собой появление дополнительных напряжений в несущих конструкциях здания. Причины развития деформаций различны. Неодинаковую деформацию различных частей здания вызывает различная сжимаемость горных пород, незакономерное распределение включений, трещиноватость пород и другие дефекты строения толщи. Кроме того, неравномерность деформаций может быть

обусловлена неодинаковой нагрузкой на фундаменты, определяемой меняющимся весом сооружения, неодновременностью загрузки соседних фундаментов, неправильным расположением отдельных частей зданий, имеющих разный вес, по отношению к подстилающим породам, когда более тяжелые части сооружения располагаются на более сжимаемых породах, чем легкие. Следует также отметить, что породы, приуроченные к внутренней части здания, находятся под действием более высоких напряжений за счет влияния соседних фундаментов, чем под наружными стенами и тем более в угловых частях здания.

Неравномерные деформации могут развиваться и в процессе эксплуатации зданий при морозном пучении, набухании, размокании пород, при подтоплении территории, динамических воздействиях работающих машин и механизмов. Более подробное объяснение причин неравномерных деформаций оснований и их физической сущности дается в курсах инженерной геологии.

Поскольку те или иные величины осадок получают почти все сооружения, то расчет оснований ведется по второй группе предельных состояний, т.е. *по деформациям*. В этом случае обязательно определение деформаций основания, т.е. расчет *осадки* каждого фундамента и возможной *неравномерности* ее в различных частях здания. Результаты расчета сравниваются с допускаемыми для данной схемы конструкции здания и жесткости.

Существует ряд конструктивных мероприятий, повышающих надежность конструкций зданий, изменяющих тем самым критерии допускаемых деформаций.

Некоторые здания и сооружения проектируются и по *первому предельному состоянию (по несущей способности основания)*. Это, во-первых, сооружения, на прочность и устойчивость которых деформации и их неравномерность существенно не влияют. Во-вторых, это сооружения, возводимые на основании, сложенном настолько малодеформируемыми разностями, что основным условием сохранения эксплуатационного состояния конструкции является прочность пород основания.

При изучении инженерно-геологических условий площадок строительства отдельных крупных городских зданий основное



внимание обращается на:

а) детальную характеристику геолого-литологического строения на выдержанность и однородность толщ пород, слагающих площадку;

б) наличие и характер подземных вод, глубину залегания, величины напоров и т.п.

в) агрессивное действие подземных вод на бетонные части сооружения и на возможный водоприток в строительные котлованы;

г) состояние и физико-механические свойства пород и особенно на расчетные показатели сжимаемости и плотности в целях выбора несущего слоя и расчета возможной осадки сооружения.

### **Лабораторная работа №15, 16. Составление заключения об инженерно-геологических условиях участка строительства городского здания**

На нескольких площадках в районе Санкт-Петербурга предполагается постройка зданий различного назначения. В техническом задании даны предполагаемые глубины заложения фундаментов и удельное давление на породы основания. По данным ранее выполненных изысканий в пределах площадки проектируемого строительства и вне ее разбурены скважины, выполнено лабораторное и полевое изучение физико-механических свойств пород. Результаты исследований в виде описания разрезов скважин, схемы разведочной сети, таблиц лабораторных исследований предлагаются преподавателем.

Используя данные ранее выполненных инженерно-геологических работ на площадках строительства городских зданий:

1) построить геолого-литологический разрез по створу разбуренных скважин в масштабе горизонтальный 1:1000 и вертикальный 1:200;

2) обработать данные лабораторного изучения состояния и физико-механических свойств ледниковых пород и нанести на геолого-литологический разрез;

3) рассчитать кривую распределения напряжения от веса здания для различных глубин;

4) составить краткое заключение об инженерно-геологических условиях площадки строительства, обратив внимание на: а) выбор несущего слоя для здания; б) возможность неравномерной осадки сооружения; в) вопросы защиты подвальных помещений от грунтовых вод.

5) составить краткую программу дальнейших инженерно-геологических исследований.

### **Контрольные вопросы по теме.**

1. При каких деформациях в основании зданий происходит разрушение?

2. Инженерно-геологические исследования для выбора строительной площадки по своему характеру являются...

3. Максимальная глубина разведочных скважин под зданиями составляет...

4. Для каких оснований зданий рекомендуется свайный фундамент?

5. Если слабые горные породы включены в состав зоны влияния сооружения, то граница активной зоны проходит на глубине, где...

6. Какой свод правил устанавливает требования к проектированию фундаментов из разных типов свай в различных инженерно-геологических условиях?

7. Какой свод правил устанавливает требования к проведению инженерных и инженерно-геологических изысканий?

8. Какую информацию мы можем получить по СП 22.13330.2016.

9. В каких случаях расчет оснований ведется по второй группе предельных состояний, т.е. по деформациям.

10. В каких случаях расчет оснований ведется по первому предельному состоянию (по несущей способности основания).

#### 4. Инженерно-геологические условия строительства дороги на участках насыпей

Насыпи устраивают, когда отметки поверхности земляного полотна дороги намечаются выше поверхности земли (на склонах и косогорах – полунасыпи и полунасыпи – полувыемки). Насыпи небольшой высоты (первые метры) возводят при спокойном рельефе трассы дороги; насыпи высотой 20-25м и более возводят на участках с рельефом, расчлененным глубокими оврагами, балками, долинами (нагрузки от таких сооружений достигают 0,4-0,5 МПа. Протяженность насыпей и выемок, может измеряться многими сотнями метров и километрами.

Насыпи можно возводить почти из любых горных пород – крупно- и грубообломочных, щебня, галечников, гравия, песка, глинистых и в том числе лессовых. Но нежелательны для возведения насыпей тонко- и мелкозернистые пылеватые и сильнопылеватые пески и супеси, так как в сухом состоянии они легко развеваются ветром, при увлажнении и насыщении водой разжижаются; непригодны для возведения насыпей сильно гумусированные, заторфованные, засоленные и мерзлые песчаные глинистые породы.

Насыпи из песчаных и глинистых пород при строительстве уплотняют (укаткой, трамбованием, виброуплотнением). При одинаковой затрате работы уплотнение породы зависит от ее влажности. Влажность, соответствующая максимальной плотности породы, называется оптимальной  $W_{opt}$ . Рациональная работа равна такой величине, при превышении которой дальнейшее уплотнение мало изменяет плотность породы. Наибольшая плотность скелета породы, получаемая при затрате рациональной работы на ее уплотнение, называется максимальной  $\gamma_{ск max}$ .

Следовательно, при инженерных изысканиях для разработки проектной документации на участках насыпей надо проводить специальное изучение горных пород, рекомендуемых для отсыпки – укладки их в тело насыпей. Необходимо определять оптимальную влажность, рациональную работу, при которых грунты в насыпи будут приобретать максимальную плотность и соответственно устойчивость.

Важнейшим условием, определяющим устойчивость насыпей, является установление *оптимальной крутизны их откосов*. Для насыпей по индивидуальным проектам крутизна откосов определяется расчетом. Тогда как для насыпей, строительство которых должно производиться по типовым проектам, крутизна откосов рекомендуется нормативными документами.

При проверке устойчивости откосов насыпей необходимо учитывать нагрузку от транспорта, особенно на железнодорожных насыпях, где от локомотивов она может быть достаточно большой. Для этого приравнивают ее к эквивалентному слою пород.

$$h_{\text{экр}} = P/\gamma \quad (4.1)$$

где  $h_{\text{экр}}$  – высота эквивалентного слоя горных пород, м;  $P$  – удельная нагрузка ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ , МПа) от транспорта, равная весу локомотива, а на двухпутных дорогах – весу двух локомотивов, деленному на суммарную площадь их опорной базы;  $\gamma$  – плотность пород в теле насыпи,  $\text{г}/\text{см}^3$ . Таким образом, если при расчете увеличить высоту насыпи на мощность эквивалентного слоя пород, можно в первом приближении учесть действие нагрузки от транспорта. Такая высота насыпи будет расчетной при определении рационального заложения откосов и ее устойчивости.

Виды деформаций земляного полотна, связанные с нарушением устойчивости тела и откосов насыпей: а) осадка насыпи вследствие уплотнения слагающих ее пород; б) расползание насыпи в результате разжижения пород; в) оползание тела и откосов вследствие большой их высоты и крутизны; г) оползание оттаивающего откоса по поверхности мерзлого ядра, образовавшегося в теле насыпи (такие явления возникают в районах распространения ММП, когда граница мерзлоты поднимается в тело насыпи); д) пучение откосов при промерзании зимой и затем оплывание их на таких участках при частичном или полном протаивании весной; размыв откосов стекающими дождевыми и тальными водами и подмыв их поверхностными водами; е) оползание откосов пойменных насыпей при их затоплении во время паводков вследствие гидростатического взвешивания пород нижней части откосов или после резкого спада паводковых вод и образование в теле насыпи гидродинамического давления.

Для предупреждения возникновения и развития перечисленных явлений необходимо соблюдать требования к качеству горных пород, рекомендуемых для отсыпки насыпей, степени их уплотнения при строительстве и выбирать наиболее рациональную крутизну откосов. Кроме того, производят укрепление откосов (одерновку, мощение и др.), устраивают откосные прорезы – дренажи для осушения пород в откосах, а в основании – предохранительные бермы) или подпорные сооружения в виде банкетов и контрбанкетов.

Устойчивость насыпей в значительной степени определяется также устойчивостью горных пород, слагающих их основания. Поэтому при проектировании насыпей необходимо выполнять следующие требования: 1) обеспечивать устойчивость основания;

2) устанавливать, и по возможности уменьшать их осадки; 3) обеспечивать завершение значительной части осадки в заданный срок; 4) исключать недопустимые упругие деформации насыпи при движении автотранспорта.

Устойчивость оснований насыпей, возводимых на слабых отложениях, принято оценивать по величине коэффициента надежности (безопасности), определяемого по уравнению

$$K_n = \frac{P_{расч}}{N} \dots\dots(4.2),$$

где  $P_{расч}$  - расчетное давление проектируемой насыпи (кгс/см<sup>2</sup>, МПа)  $N$  - безопасная нагрузка на породы основания (кгс/см<sup>2</sup>, МПа). Это количественный показатель степени устойчивости основания насыпи. Если  $K_n > 1$ , устойчивость обеспечена. При  $K_n < 1$  имеется опасность нарушения устойчивости насыпи. Коэффициент надежности показывает, во сколько раз надо увеличить или уменьшить заданную нагрузку или как изменить свойства пород основания, чтобы довести напряженное состояние в основании насыпи до некоторого безопасного для данного класса дороги.

Под насыпью разрушение горных пород раньше всего начинается вблизи ее оси. При дальнейшем увеличении внешней нагрузки зона разрушения пород разрастается и процесс их выдавливания из под насыпи сопровождается боковым

уплотнением. При определенных условиях под насыпью может произойти выпор на поверхность, что вызовет значительную, а часто и неравномерную осадку и разрушение насыпи. Поэтому при изысканиях надо детально изучать геологические условия возведения насыпей.

### **Лабораторная работа №17. Составление заключения об инженерно-геологических условиях трассы мостового перехода**

Проектируется 6-пролетный железнодорожный мост с подходами через устьевую часть одной из рек. Правый берег реки относительно крутой и сложен в основном неогеновыми породами, а левый – низкий террасовый, сложен аллювиальными отложениями. Ось первой опоры моста на правом берегу располагается на ПК 8+20; расстояние между опорами – 140 м. В процессе изысканий для выбора трассы произведена топографическая съемка долины реки по оси намечаемого моста и бурение 5 скважин.

Результаты топосъемки сведены в таблицу, а разведочных работ по трассе перехода в виде разрезов скважин в пойме и русле реки в колонках.

На основании данных предварительной разведки требуется:

- 1) составить геолого-литологический разрез по оси предполагаемого моста в масштабе горизонтальный 1:2000 и вертикальный 1:200;
- 2) вычислить параметры физико-механических свойств и составить сводную таблицу по слоям;
- 3) составить краткое заключение об инженерно-геологических условиях участка моста, обратив внимание на выбор несущего горизонта.
- 4) сформулировать вопросы дальнейших исследований и наметить характер, виды и объемы инженерно-геологических работ.

#### **Контрольные вопросы**

1. Положение геометрической оси дороги на местности называют...
2. На какой стадии инженерных изысканий выбирается трасса дороги?

3. Что такое земляное полотно?
4. Обоснование технического проекта земляного полотна и других сооружений по трассе дороги выполняют при изысканиях...
5. Какое заложение откосов насыпей высотой 10 м на дорогах из крупно- и среднезернистых песков?
6. Инженерно-геологические изыскания для выбора трассы дороги.
7. Особенности проведения инженерно-геологических изысканий для разработки проектной документации на участках устройства выемок.
8. Какие задачи решаются на стадии изысканий по выбору трассы мостового перехода?
9. Особенности проведения инженерно-геологических изысканий для разработки проектной документации на выбранной трассе мостового перехода.
10. Какие специальные виды работ необходимо запланировать при разработке программы при проведении инженерно-геологических изысканий на трассе мостового перехода?

### **Рекомендательный библиографический список**

1. *Ананьев В.П.* Специальная инженерная геология: Учебник/Ананьев В.П., Потапов А.Д., Филькин Н.А. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 263 с.  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=487350#none>

2. *Бондарик Г.К.* Инженерно-геологические изыскания: учебник / Г.К. Бондарик, Л.А. Ярг. - 2-е изд. - М. : КДУ, 2008. - 424 с. <http://wwwcatalog.spmi.ru/marcweb2/Found.asp>

3. *Захаров М.С.* Инженерно-геологические и инженерно-геотехнические изыскания для строительства: учебное пособие/ М.С. Захаров, Р.А. Мангушев. М., СПб: Изд-во АСВ, 2014.- 176 с.

4. *Захаров М.С.* Статическое зондирование в инженерных изысканиях: Учебное пособие.- СПб: Изд-во ГАСУ, 2007.-72 с.

5. *Ломтадзе В.Д.* Словарь по инженерной геологии. СПб. 1999.- 360 с.

6. *Ломтадзе В.Д.* Специальная инженерная геология. М.: Недра,1978.

7. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. В двух томах. Издание второе, переработанное и дополненное. Под редакцией Е.М. Сергеева. Том 1. Полевые методы. Москва «Недра», 1984.

8. Практикум по инженерной геологии: Учебное пособие / Строкова Л.А. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 128 с. <http://znanium.com/bookread2.php?book=701723>

9. Трофименков Ю.Г. Полевые методы исследования строительных свойств грунтов/Ю.Г. Трофименков, Л.Н. Воробков. М. 1974.

### **Нормативные документы и справочная литература**

10. Государственные стандарты (ГОСТ):  
-20276-99. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости.

-19912-2001.Грунты. Метод полевого испытания статическим и динамическим зондированием.

-25100-2011.Грунты. Классификация.



11. РД 153-39. 4Р-128-2002 (ВСН). Инженерные изыскания для строительства магистральных нефтепроводов. ОАО «АК ТРАНСНЕФТЬ», 2002.

12. Своды правил (СП):

-22.13330.2016. Основания зданий и сооружений». Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83.\*

- 24.13330.2016. Свайные фундаменты». Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.

-47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Москва, Минстрой России, 2016.

-420.1325800.2018. Инженерные изыскания для строительства в районах развития оползневых процессов. Общие требования. Москва, Минстрой России, 2018.

-446.1325800.2019. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ. Москва, Минстрой России, 2019.

13. Территориальные строительные нормы:

-ТСН 50-302-2004. Санкт-Петербург. Устройство фундаментов гражданских зданий и сооружений в Санкт-Петербурге и на территориях административно подчиненных Санкт-Петербургу. СПб, 2004.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Теоретические основы методики инженерно-геологических исследований .....	5
1.1. Основные нормативные документы, используемые в отрасли. Техническое задание программа работ .....	5
1.2. Стадии инженерно-геологических изысканий .....	8
Лабораторная работа №1,2 .....	11
Обзор нормативных документов при проведении инженерно-геологических изысканий .....	11
Контрольные вопросы по теме .....	14
2. Методы инженерно-геологических изысканий .....	15
2.1 Комплексные методы получения инженерно-геологической информации .....	15
2.1.1 Инженерно-геологическая съемка .....	15
Лабораторная работа №3. .....	19
Изучение инженерно-геологических карт разного масштаба .....	19
2.1.2. Разведочные работы .....	19
Лабораторная работа №4 Оценка физического состояния скальных и полускальных пород по керну .....	21
2.1.3. Инженерно-геологическое опробование горных пород .....	22
Лабораторная работа №5. .....	23
Определение типа и объема системы точек получения инженерно-геологической информации .....	23
Контрольные вопросы по теме .....	24
2.2 . Полевые методы инженерно-геологических исследований .....	25
2.2.1. Изучение сжимаемости грунтов методом пробных статических нагрузок .....	25
Лабораторная работа №6. Определение параметров деформационных свойств грунтов по результатам штамповых испытаний .....	29
Лабораторная работа №7. Определение параметров деформационных свойств грунтов по результатам штамповых испытаний в скважинах .....	31
2.2.2. Изучение деформационных и прочностных свойств грунтов прессиометрическим методом .....	33

Лабораторная работа №8. Обработка результатов испытаний песков гидравлическим прессиометром .....	36
Лабораторная работа № 9. Обработка данных прессиометрических испытаний прибором П-89 .....	37
2.2.3. Обработка данных определения показателей сопротивления сдвигу в полевых условиях.....	38
Лабораторная работа №10. Оценка параметров прочности в полевых условиях .....	40
2.2.4. Изучение разреза грунтов и предварительная оценка их свойств методом динамического зондирования .....	41
Лабораторная работа №11. Обработка результатов динамического зондирования ручным комплектом.....	44
Пример журнала наблюдений при динамическом зондировании ручным комплектом приведен в таблицах 2.10-2.11.....	44
2.2.5. Изучение разреза грунтов и предварительная оценка их свойств методом статического зондирования .....	45
Лабораторная работа 12. Оценка информации, полученной о геологическом разрезе пород основания здания по данным бурения и статического зондирования .....	47
2.3. Обработка результатов лабораторного изучения свойств грунтов .....	50
Лабораторная работа №13,14. ....	52
Выделение инженерно-геологических элементов.....	52
3. Геологические условия строительства гражданских и промышленных зданий и сооружений .....	54
Лабораторная работа №15, 16. Составление заключения об инженерно-геологических условиях участка строительства городского здания.....	56
4. Инженерно-геологические условия строительства дороги на участках насыпей.....	58
Лабораторная работа №17. Составление заключения об инженерно-геологических условиях трассы мостового перехода .....	61
Рекомендательный библиографический список.....	63
Нормативные документы и справочная литература .....	63

# **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ**

***Методические указания к лабораторным работам  
для студентов специальности 21.05.02***

*Сост. Л.П. Норова*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
гидрогеологии и инженерной геологии

Ответственный за выпуск *Л.П. Норова*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 08.06.2021. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 3,8. Усл.кр.-отт. 3,8. Уч.-изд.л. 3,5. Тираж 75 экз. Заказ 554.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2