

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ



Москва 2015г.

Чернышев С.Н., Кашперюк П.И., Платов Н.А., Воронцов Е.А., Крашениников В.С., Круглова Н.Д. Методическое пособие по учебной геологической практике. М.: МГСУ, 2015. – 306 с.

Рассмотрены вопросы инженерно-геологических изысканий, отражены особенности геологического строения территории г. Москвы.

Предназначено для самостоятельной работы студентов при прохождении дисциплины «Изыскательская геологическая практика» строительных и смежных специальностей в строительных вузах. Подходит для подготовки бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство» по профилям подготовки «Промышленное и гражданское строительство», «Гидротехническое строительство», «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение зданий, сооружений и населенных пунктов» и др.

Содержание

	Введение.....	5
I.	Инженерные изыскания для строительства.....	6
I.1.	Инженерно-геологические изыскания для строительства.....	10
I.1.1.	Цели и задачи инженерно-геологических изысканий.....	10
I.1.2.	Состав и объёмы работ, выполняемых при инженерно-геологических изысканиях.....	10
I.1.3.	Требования к отчёту по инженерно-геологическим изысканиям.....	13
I.2.	Учебная геологическая практика.....	15
I.2.1.	Основные положения и требования к организации и проведению учебной геологической практики.....	15
I.2.2.	Техника безопасности при проведении учебной геологической практики.....	16
II.	Рекогносцировочное обследование района строительства.....	17
II.1.	Инженерно-геологические условия г. Москвы и Подмосковья.....	17
II.2.	Требования предъявляемые к организации и проведению рекогносцировочного маршрута.....	53
II.3.	Описание учебных рекогносцировочных маршрутов.....	57
II.3.1.	Маршрут в районе Крылатское.....	57
II.3.2.	Маршрут в районе Воробьёвы горы в г. Москве.....	64
II.4.	Обработка результатов рекогносцировочных маршрутов.....	77
III.	Методы и технические средства проведения инженерно-геологических изысканий.....	79
III.1.	Буровые и горнопроходческие работы.....	79
III.1.1.	Буровые работы.....	80
III.1.2.	Проходка горных выработок.....	90
III.2.	Полевые методы исследования грунтов.....	93
III.2.1.	Геофизические методы.....	93
III.2.1.1.	Физические поля и аномалии.....	93
III.2.1.2.	Основы магниторазведки.....	94
	Задание 1. Определение шага армирования, толщины защитного слоя и арматуры в железобетонных конструкциях.....	96
III.2.1.3.	Основы гравиразведки.....	96
III.2.1.4.	Основы электроразведки.....	98
	Задание 2. Определение блуждающих токов.....	101
III.2.1.5.	Основы сейсморазведки.....	103
	Задание 3. Построение и интерпретация годографа 3-х слойной среды.....	108
	Задание 4. Определение длины свай с использованием сейсмоакустического тестера свай РЕТ.....	109
III.2.1.6.	Основы радиометрии.....	110
	Задание 5. Выявление и оценка опасности радиационного загрязнения грунтов в пределах строительной площадки.....	112
III.2.2.	Исследование грунтов методом зондирования.....	118
III.2.2.1.	Исследование грунтов методом статического зондирования.....	118
	Задание 6. Обработка результатов испытания грунтов методом статического зондирования.....	126

III.2.2.2. Исследование грунтов методом динамического зондирования установкой УБП-15 М.....	158
Задание 7. Обработка результатов испытания грунтов методом динамического зондирования установкой УБП-15 М.....	163
III.2.2.3. Исследование грунтов методом динамического зондирования лёгкими забивными зондами (ЛЗЗ).....	168
Задание 8. Обработка результатов испытания грунтов лёгким забивным зондом (ЛЗЗ).....	172
III.2.3. Испытание грунтов методом статических нагрузок на штамп.....	174
Задание 9. Определение модуля общей деформации грунтов по результатам штамповых испытаний.....	178
III.2.4. Прессиометрические испытания грунтов.....	181
III.2.5. Испытания грунтов методом вращательного среза.....	193
III.2.6. Отбор монолитов грунта методом режущего кольца.....	203
III.2.7. Методы изучения гидрогеологических условий застраиваемой территории.....	205
Задание 10. Определение коэффициента фильтрации грунтов методом налива воды в шурф.....	212
Задание 11. Определение коэффициента фильтрации грунтов методом откачки воды из скважин.....	220
Задание 12. Определение удельного водопоглощения (относительной водопроницаемости) грунтов методом налива воды в скважину.....	226
Задание 13. Определение направления движения подземных вод.....	234
III.3. Лабораторные методы исследования грунтов.....	239
III.3.1. Определение гранулометрического состава песчаного грунта ситовым методом.....	241
Задание 14. Определение наименования песчаного грунта по результатам ситового анализа.....	246
III.3.2. Определение влажности грунтов.....	247
Задание 15. Определение влажности песчаного грунта и установление его состояния по степени водонасыщения.....	249
III.3.3. Определение плотности сложения грунтов.....	251
Задание 16. Определение плотности скелета грунта.....	254
III.3.4. Оценка степени плотности песков в массиве.....	256
Задание 17. Определить уплотнённость грунта в земляном сооружении.....	258
III.3.5. Определение пределов пластичности и консистенции связных грунтов.....	259
Задание 18. Определение наименования и состояния связного грунта.....	263
III.3.6. Определение прочностных характеристик грунтов сдвиговыми испытаниями.....	264
III.3.7. Определение деформационных характеристик грунтов компрессионными испытаниями.....	265
III.3.8. Определение прочностных и деформационных характеристик грунтов методом трехосного сжатия.....	267

III.3.9. Определение коэффициента фильтрации грунтов лабораторными методами.....	269
Задание 19. Определение коэффициента фильтрации грунта в приборе КФ-00М.....	269
III.3.10. Определение химического состава и агрессивности подземных вод.....	275
Задание 20. Определение наименования подземной воды по результатам химического анализа и оценка её агрессивности к строительным материалам.....	282
IV. Содержание отчёта по учебной геологической практике и требования, предъявляемые к его составлению.....	283
Приложения.....	286
1.1. Карта рельефа Крылатское.....	287
1.2. Схематический план маршрута по Воробьевым горам.....	288
2. Профиль I-I борта оврага в Нескучном саду у его вершины.....	289
3. Профиль II-II правого борта оврага в Нескучном саду у пруда.....	290
4. Профиль III-III оползневого склона на правом берегу р. Москвы у Андреевского монастыря.....	291
5. Профиль IV-IV правого борта долины р. Москвы от д.6 по улице Косыгина до реки.....	292
6. Пример обработки результатов испытания грунтов методом статического зондирования.....	293
7. Пример обработки результатов испытания грунтов методом динамического зондирования установкой УБП-15 М.....	294
8. Пример обработки результатов испытания грунтов методом динамического зондирования лёгким забивным зондом.....	296
9. Пример обработки результатов испытания грунтов методом статических нагрузок на штамп.....	297
10. Пример обработки результатов определения коэффициента фильтрации грунта методом налива воды в шурф.....	298
11. Пример обработки результатов определения коэффициента фильтрации грунта методом откачки воды из скважины.....	299
12. Пример обработки результатов определения коэффициента фильтрации методом экспресс-налива скважину.....	301
13. Пример оформления результатов определение гранулометрического состава песков ситовым методом.....	303
14. Пример оформления результатов определения коэффициента фильтрации грунта в приборе КФ-00М.....	304
15. Пример оформления результатов оценки химического анализа подземной воды.....	305
16. Пример оформления титульного листа отчета.....	306

Библиографический список

Введение

Учебная геологическая практика проводится в соответствии с действующими учебными планами и является продолжением теоретического курса дисциплины «Инженерная геология». В процессе ее проведения студенты знакомятся с организацией, методами и методикой проведения инженерно-геологических изысканий, которым, в свою очередь, являются видом строительной деятельности необходимым для принятия обоснованных проектных решений по конструированию сооружения, выбора методов и технологии его возведения и назначения режима эксплуатации.

В качестве заказчика на проведение инженерных изысканий часто выступает проектная организация, поэтому в процессе своего обучения студент должен получить навыки, которые позволят ему грамотно составить техническое задание на проведение изысканий, оценить программу изысканий и полученные результаты после их проведения. В процессе прохождения учебной практики студенты знакомятся с действующими нормативными документами по инженерным изысканиям, приобретают навыки оценки геологических условий по литературным источникам и архивным материалам, получают сведения по организации, методике и методам проведения инженерно-геологических изысканий, обучаются обработке и анализу результатов полевых и лабораторных исследований грунтов и подземных вод, что позволит в дальнейшем оценивать качество материалов проведенных изысканий и принимать проектные решения по созданию сооружения.

По характеру выполняемых работ учебная геологическая практика включает четыре самостоятельных раздела:

Теоретические вопросы. Знакомство с организацией проведения инженерно-геологических изысканий и действующими нормативными документами, а также геологическими особенностями Москвы и Подмосковья.

Рекогносцировочное обследование района строительства. Участие в маршрутной съемке для получения студентами навыков оценки геоморфологических условий, геологического строения, гидрогеологических особенностей, установлению мест и причин развития геологических процессов, отбора образцов грунтов и определения их состояния.

Знакомство с методами и техническими средствами проведения инженерно-геологических изысканий. Изучение бурового оборудования и методов проходки скважин и их назначения. Изучение полевых и лабораторных методов исследования грунтов и подземных вод.

Камеральная обработка материалов маршрутной съемки, буровых и опытных работ. Составление отчета по практике.

В соответствии с этим, проведение учебной практики предусматривает наличие аудиторных занятий, проведение уличных маршрутов по Москве и Подмосковью и работу в местах проведения инженерно-геологических изысканий или на учебной площадке кафедры в г. Мытищи при знакомстве с буровыми и опытными работами. Практика завершается защитой отчета каждым членом бригады. Перенос сроков защиты не допускается.

I. ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Возводимое сооружение и окружающая его природная среда образуют единую природно-техногенную систему (ПТС), которая может существовать долгое время только при наличии баланса во взаимодействии двух её составных частей (рис. 1).



Для принятия технически, социально и экономически обоснованных проектных решений необходимо иметь сведения об окружающей будущей сооружение среде. Сбор этих сведений осуществляется в процессе инженерных изысканий для строительства, которые являются видом строительной деятельности. Основная цель инженерных изысканий – комплексное изучение природных и техногенных условий застраиваемой территории, составление прогнозов взаимодействия возводимых объектов с окружающей средой, обоснование их инженерной защиты и безопасных условий жизни населения (рис. 2).

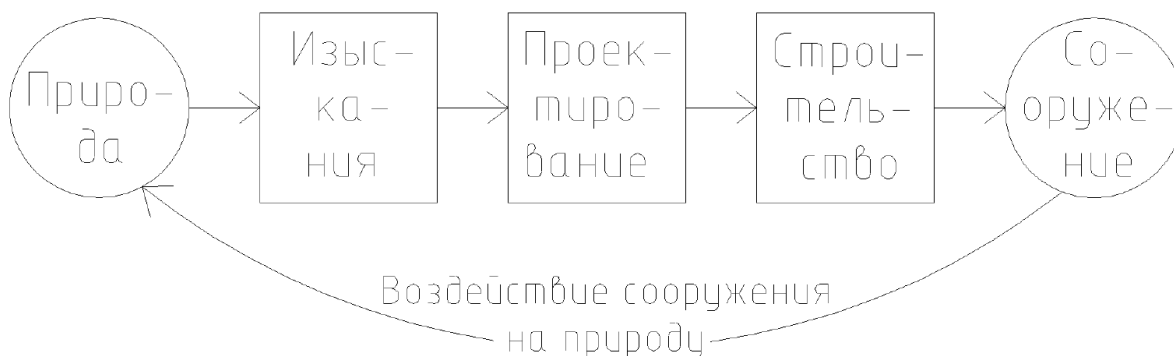


Рис. 2. Место изысканий в строительстве

Основными видами инженерных изысканий для строительства являются:

- инженерно-геодезические;
- инженерно-геологические;
- инженерно-гидрометеорологические;
- инженерно-экологические;
- изыскания грунтовых строительных материалов и источников водоснабжения на базе подземных вод.

Кроме того, к инженерным изысканиям также относятся:

- геотехнический контроль;
- обследование грунтов оснований зданий и сооружений;
- оценка опасности и риска от природных и техногенных процессов;
- обоснование мероприятий по инженерной защите территорий;
- локальный мониторинг компонентов окружающей среды;
- научные исследования в процессе инженерных изысканий для строительства.

При проведении инженерных изысканий для строительства необходимо руководствоваться законодательными и нормативными актами и документами Российской Федерации и её субъектов, включая региональные и территориальные строительные нормы, разработанные в соответствии с требованиями СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения». Основным документом для проведения инженерных изысканий является СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».

Инженерные изыскания для строительства выполняются организациями, получившими соответствующие разрешения на их проведение. Они выполняются только для объектов, целесообразность и местоположение которых согласованы с органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, а также при наличии договора об использовании земельного участка и получении разрешения на их производство от организаций курирующих инженерные изыскания для строительства на данной территории.

Инженерные изыскания выполняются на основании договора между заказчиком и исполнителем с приложениями к нему: технического задания, календарного плана работ и расчёта стоимости.

В соответствии с требованиями СНиП 11-02-96 техническое задание на выполнение инженерных изысканий для строительства составляется заказчиком, как правило, с участием исполнителя инженерных изысканий. Техническое задание подписывается заказчиком и заверяется печатью.

На основании материалов изысканий заказчик будет решать следующие задачи:

- проектировать конструкцию самого сооружения;
- составлять проект производства работ по его возведению;
- намечать мероприятия по рациональному природопользованию, охране природной среды, а также обеспечению устойчивости и долговременной эксплуатации сооружений в условиях, безопасных для жизни населения.

В связи с этим, материалы изысканий должны быть в достаточном, экономически обоснованном количестве и при этом они должны быть достаточно точны, надёжны и достоверны. Для обеспечения этих требований к материалам изысканий изыскатель должен располагать сведениями о проектируемом сооружении (габариты в плане, высота, заглубление, предполагаемые типы фундаментов и нагрузка на них), техническими требованиями к сооружению (класс ответственности, допустимые осадка и крен), сведениями о местоположении сооружения, стадии проектирования, изученности района, о возможных видах воздействия сооружения на окружающую среду при его эксплуатации.

Техническое задание на проведение инженерных изысканий является документом, в котором заказчик, с одной стороны, предъявляет изыскателю требования к содержанию и качеству будущих материалов изысканий, а с другой, сообщает ему сведения о проектируемом сооружении и изученности района. Требования к содержанию технического задания на инженерные изыскания содержатся в п. 4.13 СНиП 11-02-96. Следует отметить, что техническое задание может составляться на выполнение всего комплекса работ по инженерным изысканиям или отдельно на каждый вид инженерных изысканий.

К техническому заданию обязательно прилагаются графические и текстовые документы, позволяющие правильно наметить пункты проведения работ, провести их согласование, получить разрешение на производство изысканий. К графическим приложениям можно отнести топографические карты, инженерно-топографический план с контуром проектируемого сооружения, ситуационный план с указанием направлений трасс и т.п. материал. Текстовая часть должна содержать копии решений органа местного самоуправления о согласовании места размещения сооружения, решения о предоставлении земель для проведения изыскательских работ, копии договоров с собственниками земли — землепользователями.

На основании технического задания и действующих нормативных документов по организации и проведению инженерных изысканий, исполнитель (изыскатель) составляет программу инженерных изысканий. Программа должна содержать сведения, приведённые в п. 4.14 СНиП 11-02-96. Основными из них являются:

- характеристика степени изученности природных условий территории, по материалам ранее выполненных инженерных изысканий;
- характеристика природных и техногенных условий района, влияющих на организацию и производство инженерных изысканий;
- обоснование категорий сложности природных и техногенных условий территории, с обоснованием выполнения более детального изучения отдельных участков (пунктов) с учётом сферы взаимодействия проектируемого объекта с природной средой;
- обоснование состава, объёма, методов и технологии изыскательских работ, с указанием последовательности, места, времени производства отдельных видов работ и осуществления контроля качества работ;
- обоснование мероприятий по охране окружающей среды при выполнении инженерных изысканий;
- сведения о метрологическом обеспечении изысканий;
- перечень мероприятий по охране труда и здоровья при выполнении изысканий с учётом места их проведения;
- перечень и состав отчётных материалов.

Потребность в материалах изысканий возникает:

- при обосновании предпроектной документации, когда решается вопрос о целесообразности возведения объекта при обязательном соблюдении требований сохранения окружающей среды от воздействий этого объекта при эксплуатации;
- при обосновании инвестиций в строительство, когда есть возможность выбора вариантов площадки под объект или принять объёмно-планировочные решения при комплексном освоении района, наметить места размещения наиболее крупных и сложных зданий, оценить места требующие инженерной защиты;
- при принятии конструктивных и объёмно-планировочных решений по конкретному зданию или сооружению с разработкой мероприятий и проектных сооружений инженерной защиты, мероприятий по охране природной среды, проекта организации строительства;
- при разработке рабочей документации по каждому конструктивному решению проекта с расчётом оснований, фундаментов и конструкций зданий, их инженерной защите, проработке проекта производства работ, уточнения ранее принятых проектных решений;
- при строительстве, эксплуатации и ликвидации объекта. В первом случае эти материалы необходимы для установления соответствия природных условий, заложенных в рабочую документацию, фактическим; оценки качества возводимых сооружений и их оснований. Во втором случае, они необходимы для оценки состояния зданий, проверки эффективности работы систем, их инженерной защиты, проведения мониторинга созданной ПТС, решения вопросов реконструкции сооружения. В третьем случае, они необходимы при решении вопросов санации и рекультивации территории после ликвидации сооружения. Как видно на каждом из перечисленных этапов решаются свои задачи, а потому состав и объём изыскательских работ на каждом из них будет различным, т.е. для каждой стадии проектирования, указанной в техническом задании должна быть своя программа

изысканий. На основании программы изысканий составляется смета на производство изыскательских работ. Смета утверждается заказчиком и является обязательным приложением к договору на проведение изысканий.

По окончании инженерных изысканий для строительства земельные участки должны быть приведены в состояние им предшествовавшее.

1.1. Инженерно-геологические изыскания для строительства

1.1.1. Цели и задачи инженерно-геологических изысканий

Целью инженерно-геологических изысканий для строительства является комплексное изучение геологической составляющей природных условий района строительства для принятия решений о его целесообразности как по геологическим, так и по экономическим соображениям, выбора оптимального по геологическим условиям варианта площадки, решить конструктивные вопросы, (прежде всего, по подземному контуру сооружения), провести расчёты основания и фундамента сооружений, составить проект производства работ по возведению подземного контура сооружения, решить вопрос о необходимости инженерной защиты территории и сооружения и составить соответствующий проект, оценить состояние основания под эксплуатируемым сооружением.

В процессе выполнения инженерно-геологических изысканий в соответствии с требованиями СНиП 11-02-96 решаются следующие задачи;

- оцениваются геоморфологические условия и рельеф района (площадки) строительства;
- изучается его геологическое строение;
- изучаются гидрогеологические условия района;
- изучается состав, состояние и свойства грунтов основания будущего сооружения;
- устанавливается наличие геологических и возможность возникновения инженерно-геологических процессов в изучаемом районе;
- составляется прогноз возможных изменений инженерно-геологических условий в сфере взаимодействия проектируемого объекта с геологической средой.

1.1.2. Состав и объём работ выполняемых при инженерно-геологических изысканиях

Состав работ выполняемых при проведении инженерно-геологических изысканий регламентируется СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» и СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства» и включает в себя их следующие виды:

1) сбор и обработка материалов изысканий прошлых лет, а именно сведений о геоморфологических особенностях площадки, геологическом строении, физико-механических свойствах грунтов, гидрогеологических условиях, геологических и инженерно-геологических процессах, техногенных воздействиях. На основании этих материалов предварительно устанавливается категория сложности инженерно-геологических условий в месте будущего строительства.

2) Рекогносцировочное обследование территории по маршрутным и аэровизуальным наблюдениям. При выполнении этого вида работ осматривается

место будущего проведения изыскательских работ, оценивается рельеф, ведётся описание имеющихся обнажений с отбором образцов грунтов и проб воды для лабораторных исследований, описываются имеющие место водопроявления с фиксацией геоботанических индикаторов гидрогеологических условий, отмечаются места проявления геологических и инженерно-геологических процессов с описанием их параметров и вероятных причин возникновения. По результатам обследования намечаются места размещения ключевых участков для проведения более детального изучения застраиваемой территории с выполнением буровых работ, полевых и лабораторных исследований грунтов, пунктов режимного наблюдения за развитием геологических и инженерно-геологических процессов.

3) Проходка горных выработок. Выполнение этого вида работ позволяет установить условия залегания (форма и характер залегания грунта) грунтов и подземных вод, а также выявить и оконтурить зону проявления геологических и инженерно-геологических процессов. Основным видом горной выработки является буровая скважина. При проходке буровых скважин ведётся описание смены грунтов по глубине отбором образцов для последующего определения в лаборатории их состава, состояния и свойств, измеряются уровни подземных вод и отбираются пробы вод для определения их химического состава.

4) Исследование грунтов полевыми методами проводится для установления условий залегания грунтов и определения пространственной изменчивости их свойств в условиях естественного залегания в массиве.

5) Геофизические методы являясь одним из видов полевых работ позволяют решать те же задачи, но кроме того оценивать гидрогеологические условия, выявлять и изучать геологические условия, выявлять и изучать геологические и инженерно-геологические процессы и их изменения со временем, проводить сейсмическое микрорайонирование территории.

6) Гидрогеологические исследования проводятся в том случае, когда в сфере взаимодействия проектируемого объекта с геологической средой распространены или могут формироваться подземные воды. Собираемые при этих исследованиях сведения о гидрогеологических параметрах грунтов и водоносных горизонтах должны позволить сконструировать подземный контур сооружения, составить проект производства работ по его возведению, а также спрогнозировать возможное загрязнение или истощение водоносных горизонтов, возникновение или изменение интенсивности инженерно-геологических процессов при строительстве и эксплуатации объекта, наметить мероприятия по инженерной защите сооружения.

7) Лабораторные исследования грунтов выполняются для определения их состава, состояния и свойств. Используя данные о месте отбора образцов грунта в процессе бурения скважин оценивается изменчивость состояния и свойств того или иного грунта по глубине и площади, выделяются инженерно-геологические элементы с определением нормативных и расчётных характеристик грунтов, образующих их. При лабораторных исследованиях определяются химический состав подземных и поверхностных вод, а также водных вытяжек из глинистых грунтов в целях определения их агрессивности к бетону и стальным конструкциям, коррозионной активности к свинцовой и алюминиевой оболочкам кабелей.

8) Стационарные наблюдения выполняются для изучения динамики развития геологических и инженерно-геологических процессов, а также для изучения состояния и свойств грунтов, режима подземных вод, состояния сооружений инженерной защиты и др. Целью проведения стационарных наблюдений является сбор количественных изменений отдельных компонентов геологической среды во времени и пространстве для составления прогноза возможных изменений инженерно-геологических условий исследуемой территории, выбора проектных решений по подземному контуру и сооружениям инженерной защиты.

9) Камеральная обработка материалов изысканий. Камеральная обработка материалов начинается с момента начала изысканий (предварительная обработка), т.е. проходки буровых скважин, выполнения полевых исследований грунтов и завершается после получения данных лабораторного исследования грунтов и получении данных стационарных наблюдений (окончательная обработка). При камеральной обработке проводится увязка между собой результатов отдельных видов инженерно-геологических работ (буровых, геофизических, полевых, лабораторных и др.). Материалы камеральной обработки представляются в виде таблиц, графиков, разрезов, карт и пояснительных записок к ним.

10) Составление технического отчёта. Отчёт составляется на основании камеральной обработки материалов всех видов работ, выполненных в процессе инженерно-геологических изысканий. Он должен содержать сведения о геологических особенностях изученной территории с выводами по всем геологическим аспектам и рекомендациями по их учёту при проектировании сооружения.

В отчёте должен быть приведён прогноз изменений инженерно-геологических условий и дана оценка опасности и риска от геологических и инженерно-геологических процессов при возведении и эксплуатации будущего сооружения.

Отчёт должен состоять из текстовой и графических частей. По требованию заказчика к отчёту могут быть приложены материалы изысканий.

Состав работ, выполняемых при инженерно-геологических изысканиях, их комплексирование и взаимозаменяемость зависит от изученности района будущего строительства, от этапа предпроектных работ или стадии проектирования, от особенностей будущего объекта и уровня его ответственности, от сложности инженерно-геологических условий.

Объём работ выполняемых при инженерно-геологических изысканиях зависит от этапа предпроектных работ или стадии проектирования, размеров в плане, высоты и заглубления будущего сооружения, типа его фундаментов, геотехнической категории объекта, т.е. уровня его ответственности и сложности инженерно-геологических условий. Требования к минимально допустимому количеству определений характеристик грунтов и подземных вод, испытаний полевыми методами, расстояние между скважинами, допустимая минимальная глубина скважин и т.д. приведены в СП 11-105-97, а для г. Москвы в «Инструкции по инженерно-геологическим и геоэкологическим изысканиям в г. Москве.

1.1.3. Требования к отчёту по инженерно-геологическим изысканиям

Исследования, выполняемые при инженерно-геологических изысканиях на различных этапах предпроектных работ, стадиях проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации объекта направлены на сбор материалов для решения соответствующих им задач.

В связи с этим технические отчёты для каждого из перечисленных моментов отличаются как по своему содержанию, так и по приводимым в них материалам.

Содержание текстовой части технических отчётов по результатам инженерно-геологических изысканий для разработки проектной документации и стадиям проект и рабочий проект практически одинаковое и состоит из следующих разделов:

Введение

I. Изученность инженерно-геологических условий

II. Физико-географические и техногенные условия

III. Геологическое строение

IV. Гидрогеологические условия

V. Свойства грунтов

VI. Специфические грунты

VII. Геологические и инженерно-геологические процессы

VIII. Инженерно-геологическое районирование

Заключение

Список использованной литературы

Приложения (текстовые и графические)

При переходе от стадии предпроектных работ к стадиям проект и рабочий проект содержательная часть каждого раздела насыщается конкретным материалом, позволяющим запроектировать конструкции сооружений, составить проект производства работ по возведению сооружения, оценить необходимость в сооружениях инженерной защиты и запроектировать их, составить прогноз изменения инженерно-геологических условий при строительстве и эксплуатации сооружения, оценить геориск развития геологических и инженерно-геологических процессов.

Выполняемые в процессе строительства инженерно-геологические изыскания преследуют вполне конкретные задачи, а именно:

- проверку степени соответствия фактических инженерно-геологических условий, принятым в проекте;
- проведение геотехнического контроля над качеством подготовки оснований (в том числе при технической мелиорации грунтов основания), возведением земляных сооружений и качеством грунтовых строительных материалов;
- осуществление стационарных наблюдений за изменением инженерно-геологических условий (грунтовых и гидрогеологических) и развитием геологических и инженерно-геологических процессов и факторов их определяющих в процессе строительства сооружения.

В соответствии с поставленными заказчиком задачами и техническим заданием на инженерно-геологические изыскания, собирается, обрабатывается, а затем приводится в отчёте материал, позволяющий дать рекомендации по

устранению выявленных нарушений в производстве строительных работ, внести уточнения в проектные решения и прогноз развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов.

Инженерно-геологические изыскания в период эксплуатации здания приводятся для проверки соответствия ранее составленного прогноза фактическим изменениям инженерно-геологических условий за период эксплуатации объекта, сбора сведений об изменении состояния и свойств грунтов в сфере взаимодействия сооружения с геологической средой в местах, где наблюдаются его деформации и значительные осадки, а также при необходимости оценить несущую способность основания при решении вопроса о реконструкции здания. В соответствии с решаемыми задачами отчёт должен содержать необходимый материал для уточнения ранее составленного прогноза, решить вопрос о причинах, вызвавших деформации и значительную осадку сооружения и дать рекомендации по усилению фундаментов, технической мелиорации грунтов основания, изменению технологического процесса и режима эксплуатации объекта.

Инженерно-геологические изыскания для ликвидации объекта приводятся для оценки пригодности территории к дальнейшему использованию после ликвидации существовавшего на ней сооружения. В связи с этим отчёт должен содержать сведения о наличии загрязняющих веществ в геологической среде, данные по оценке опасности и риска от ликвидации объекта, рекомендации по утилизации загрязнённых компонентов геологической среды, сведения о запасах грунтовых строительных материалов для рекультивации земель после ликвидации объекта.

1.2. Учебная геологическая практика

Учебная геологическая практика проводится для закрепления теоретических знаний, полученных студентами в ходе аудиторных лекционных, лабораторных и практических занятий, а также для изучения региональных геологических особенностей места расположения ВУЗа и знакомства с инженерно-геологическими изысканиями для строительства. Два последних раздела являются составными частями рабочей программы дисциплины «Инженерная геология» и предлагается их изучение именно в процессе учебной геологической практики, продолжительность которой в современном учебном плане занимает одну неделю.

Знакомство с методами получения инженерно-геологической информации осуществляется путём проведения учебной маршрутной съёмки, показа образцов оборудования для инженерно-геологических исследований, а также путём проведения самими студентами некоторых экспериментов на опытной площадке и в лаборатории кафедры.

1.2.1. Основные положения и требования к организации и проведению учебной геологической практики

Учебная практика проводится строго в сроки установленные учебным планом. В случае необходимости их изменения проводится предварительное согласование о возможности их изменения с руководством институтов университета и студентами, с последующим изданием соответствующего приказа. Прохождение практике студентами в другие сроки без согласования с кафедрой не допускаются.

Несмотря на ограниченность сроков прохождения учебной практики студент получает значительный объём теоретической информации по инженерным изысканиям для строительства и региональным геологическим особенностям региона, а также материал экспериментальных исследований и их камеральной обработки. Осмыслить столь значительный объём информации, а затем оформить её в виде отчёта одному человеку очень трудно. В связи с этим, отчёт для получения зачёта по практике составляется бригадой, состоящей из 6-8 человек.

Формирование бригад проходит в первый день практики и все последующие опытные полевые и камеральные работы выполняются коллективно. Бригада выбирает из своей среды бригадира, фамилия которого выделяется из общего списка бригады на титульном листе. Бригадир должен пользоваться авторитетом у товарищей, уметь организовать свою работу и работу членов бригады. Бригадир должен следить за выполнением порученной им работы, а члены бригады беспрекословно выполнять поручения бригадира. Только при соблюдении этого требования в срок и качественно бригада сможет составить отчёт по практике.

Успешное прохождение группой студентов учебной практики, кроме того, зависит от чётких выполнений каждым студентом требований преподавателя в аудитории, при прохождении маршрута, при работе на опытной площадке или в лаборатории. При прохождении практики должны строго соблюдаться требования правил техники безопасности. Соответствующий инструктаж и ведомость о его проведении оформляются в первый день практики. Опоздание студентов к началу занятий и самовольный уход с них не допускается.

1.2.2. Техника безопасности при проведении учебной геологической практики

Соблюдение правил техники безопасности является гарантией её прохождения без травм и обязательным условием их исполнения для всех студентов во всех местах проведения практики: в учебном корпусе, при движении или работе на пересечённой местности, или при прохождении маршрута, при знакомстве с оборудованием для буровых и опытных работ, при выполнении экспериментальных исследований на опытной площадке или в лаборатории.

Учебная практика начинается с проведения инструктажа по технике безопасности, о прохождении которого студент расписывается в соответствующей ведомости. За нарушение правил техники безопасности студент может быть отстранён от дальнейшего прохождения практики с передачей соответствующей информации руководству института. Помните, что от соблюдения правил техники безопасности зависит Ваше здоровье и здоровье Ваших товарищей.

Ниже приводим основные положения правил техники безопасности для проведения учебной геологической практики. При работе в учебных корпусах университета строго соблюдать требования внутреннего распорядка.

Строго соблюдать требования преподавателя при выполнении экспериментальных работ на учебной площадке. Запрещается самовольно включать оборудование в лаборатории кафедры. Запрещается самовольное проникновение на буровые станки и установки для полевых исследований свойств грунтов и их запуск. Запрещается проходить ближе 6м к работающим буровым станкам. При работе на улице студенты должны иметь головной убор для укрытия от солнца и дождя.

При прохождении маршрута одежда должна быть спортивного (туристического) типа. Обувь должна позволять перемещаться по крутым, а иногда и скользким склонам, т.е. иметь протектор и жёсткий рант либо быть спортивного типа. Обувь на высоких каблуках не допускается. Для укрытия от дождя и одновременного выполнения работ при прохождении маршрута желательно надеть плащ или куртку с капюшоном.

При движении по пересечённой местности в узких местах перемещение происходит друг за другом. При проходе через кустарник не следует задерживать ветви руками. Спуск по склону проводить боком, приставными шагами, предварительно убедившись в надёжности опоры. Бежать вниз по склону запрещено. По возможности проводить подстраховку идущего рядом товарища.

Строго запрещается купаться во время прохождения маршрута. Запрещается самовольный уход с занятий. В случае недомогания или получения травмы необходимо об этом немедленно сообщить преподавателю.

Запрещается отбор проб грунта у подножия обрывистого склона, если наверху находится человек или нависающий предмет. Работа на одной вертикали запрещена. Для свободного перемещения по пересечённой местности и освобождения рук рекомендуется переносить инструмент, отобранные образцы и личные вещи в рюкзаке.

II. Рекогносцировочное обследование района строительства

Слово рекогносцировка происходит от латинского *recognoscere* – рассматривать. В военном деле это осмотр позиций перед боем, проводимый лично командиром части или штабным офицером. При инженерно-геологических изысканиях это маршрутный осмотр территории будущих строительных работ, проводимый одним из руководителей инженерных изысканий иногда совместно с главным инженером проекта для определения основных задач изысканий, а также для выбора вариантов размещения строительных площадок и отдельных сооружений на них, непосредственно на местности. С учётом местоположения строительных площадок и размещения на них сооружений устанавливаются места проведения первоочередных буровых и горнопроходческих работ и исследований грунтов полевыми методами, пункты режимных наблюдений за геологическими процессами, с учётом возможного проезда и условий выполнения на них работ.

Перед рекогносцировкой изучают все имеющиеся по данному участку архивные материалы и сведения из литературных источников, что даёт возможность составить представление о его геологических особенностях, т.е. геологическом строении, гидрогеологических условиях, свойствах грунтов и наличии геологических процессов. Опираясь на эти сведения проектировщик и геолог в процессе рекогносцировки фиксируют конкретные особенности рельефа, геологического строения (по естественным обнажениям или искусственным выемкам), гидрогеологические условия (по выходам подземных вод в виде источников или по наличию мочажин, солонцов), протекания геологических процессов по внешним признакам (по характеру поверхности земли, видом и форме растительности и т.д.) или по деформациям существующих сооружений. На основании этих наблюдений, результаты которых в виде записей и зарисовок заносятся в полевой дневник, проектировщик имеет возможность принять предварительный вариант планировочного решения по размещению на площадке тех или иных сооружений, выбрать варианты типа их фундаментов, а затем составить техническое задание на проведение изысканий. Изыскатель в свою очередь имеет возможность обоснованно назначить места исследования геологических особенностей участка с учётом мест положения сооружений, выбрать необходимые методы изучения геологического строения, свойств грунтов, подземных вод и геологических процессов и составить программу инженерно-геологических изысканий.

II.1. Инженерно-геологические условия Москвы и Подмосковья

Общая характеристика территории Москвы

Москва является столицей и самым большим городом Российской Федерации, входящим в число крупнейших городов мира. Город расположен в центре европейской части России в междуречье Оки и Волги на реке Москве. Территория города до 1 июля 2012 года составляла около 107 тыс. га, в том числе 88,8 тыс. га в пределах московской кольцевой автомобильной дороги. Кроме того, в состав Москвы административно входят гор. Зеленоград и несколько поселков пригородной зоны столицы. После присоединения к Москве новых земель

территория города увеличилась на 148 тыс. га (почти в 2,4 раза) и сейчас составляет 255 тыс. га.

Как субъект федерации, Москва граничит с Московской и Калужской областями. В административном отношении Москва делится на 12 административных округов: Центральный, Северный, Северо-Восточный, Северо-Западный, Восточный, Западный, Юго-Западный, Юго-Восточный, Южный, Зеленоградский, Троицкий и Новомосковский. В границах первых десяти округов насчитывается в общей сложности 125 муниципальных районов. В состав двух новых административных округов (Троицкого и Новомосковского) входит 21 поселение.

Московская область занимает территорию порядка 44,4 тыс. км² (без Москвы). Границы Московской области уточнены 1 июля 2012 года. Общая протяженность внешних границ Московской области составляет около 1200 км. Она граничит с семью областями России: с севера это Тверская область и Ярославская области, с востока – Владимирская и Рязанская, с юга – Тульская и Калужская, с запада – Смоленская.

Город Москва и Московская область являются самостоятельными субъектами Российской Федерации и вместе образуют единый Московский столичный регион, площадь которого составляет 0,3% территории России.

Московская агломерация оказывает интенсивное, длительное, многоплановое, территориально-сосредоточенное и непрерывно возрастающее техногенное воздействие на все компоненты природной среды, в том числе на геологическую среду. Этому способствует большая концентрация людей, плотная застройка, насыщенность и разнообразие городской инфраструктуры, хозяйственная деятельность и городское строительство.

Численность населения Москвы в настоящее время превышает 11,5 млн. чел. (по результатам переписи населения 2010 г.). Численность населения Новой Москвы по данным Госкомстата России составляет пока около 0,25 млн. чел.

Согласно данным Москомзема и Москомархитектуры приблизительно половина территории Москвы занята различными зданиями и сооружениями. На территории Москвы (в границах до 1 июля 2012 года) расположено более 39 тысяч жилых и более 75 тысяч нежилых зданий. Здесь действуют более 5 тысяч промышленных предприятий и организаций, расположены 13 тепловых электростанций и их филиалов (ТЭЦ), 4 ГРЭС, 63 тепловых районных и квартальных станций, более 100 отопительных котельных, более 1200 промышленных и коммунально-бытовых котельных.

На долю транспортных коммуникаций в городе приходится 10 % территории. Общая протяженность улично-дорожной сети превышает 4,5 тыс. км. В российской столице насчитываются сотни мостов, эстакад, тоннелей и подземных переходов. Общая протяжённость железных дорог в пределах города превышает 394 км. Система городского метрополитена включает 12 линий, 186 станций и имеет общую длину 308,7 км.

Отмечается высокая насыщенность городской территории инженерными коммуникациями. Подземная сеть водоснабжения города включает более 8 тыс. км трубопроводов и более 10 тыс. км теплоснабжения и горячего водоснабжения.

Суммарная протяженность канализационных сетей составляет около 6 тыс. км трубопроводов и коллекторов. Протяженность газопроводной сети превышает 6 тыс. км. По состоянию на конец XX века в среднем на каждый 1 км² городской территории приходилось около 23,5 пог. км инженерных сетей. При этом значительная часть этих коммуникаций находится в изношенном состоянии, из-за чего происходят утечки в грунты воды, чистой и загрязнённой, холодной и горячей, а также утечки электрических токов.

Около 40 % городской площади занято садами, скверами, парками и открытыми территориями. В Москве насчитывается 96 парков, 18 садов, более 400 скверов и 160 бульваров. Общая площадь зеленых насаждений – 45 тыс.га. Городские лесопарки занимают площадь 10,0 тыс.га.

Климат

Московская агломерация расположена в поясе умеренно-континентального климата, с ясно выраженной сезонностью. Лето умеренно теплое, в некоторые годы жаркое. Зима умеренно холодная, продолжительная с устойчивым снежным покровом. Многолетняя среднегодовая температура составляет в настоящее время +5,4°C. Средняя температура самого холодного месяца (январь) составляет -9,3°C, а самого теплого (июль) – +18,2°C. Годовая амплитуда имеет в Москве наибольшую величину 27,5°C. Число дней со среднесуточной температурой выше 0°C – 210-214. Температуры в центральных районах города на 1,5-2,0°C выше температур на городских окраинах.

Зима длится около 5 месяцев. Морозный период продолжается с конца ноября до второй половины марта (около 100 дней). Абсолютный минимум температуры – -42°C. Почвы и грунты промерзают к концу зимы на глубину до 40 см, а на открытых участках до 140 см. Снежный покров распределяется в городе очень неравномерно. Высота снежного покрова составляет в среднем 40-45 см, а в многоснежные годы может достигать 65 см.

Тёплый период длится с апреля по октябрь (около 215 дней). Абсолютный максимум температуры составляет +37°C. Количество осадков, выпадающих в городе, по многолетним наблюдениям составляет около 700 мм осадков в год. Среднегодовая относительная влажность воздуха – 77 %. Наибольшее количество осадков приходится на весенне-летний период.

В Москве возможны ветры всех направлений. В теплый период года преобладают северо-западные ветры, а в холодный – западные, юго-западные и южные. Среднегодовая скорость ветра – 2,3 м/с.

В течение 243 дней в году небо в Москве закрыто облаками. Наибольшая облачность наблюдается в столице с октября по январь.

Гидрографическая сеть

На территории Москвы в пределах МКАД насчитывается более 350 водотоков, в том числе около 70 рек, 80 приречных родников с короткими ручьями и более 200 временных водотоков (весенние ручьи в балках, лощинах и ложбинах). В основном преобладают водотоки длиной менее 10 км. При этом около 20 рек частично заключены в трубы и водосточные коллекторы, а свыше 40 рек, целиком заключены в водосточные коллекторы. Большая часть территории принадлежит бассейну Москва-реки, северная часть – реки Волги, южная – реки Пахры. Особенности гидрографической сети заметно сказываются на гидрологических и гидрогеологических условиях строительства.

Крупнейшей водной артерией города, пересекающей его с северо-запада на юго-восток, является река Москва (левый приток Оки). Город располагается в среднем течении Москвы-реки, на обоих её берегах. Ширина русла в черте города изменяется от 120 до 200 м, от самой узкой части возле Кремля до самой широкой вблизи Лужников. Глубина реки в границах города изменяется от 3 до 6 м. Падение реки составляет 0,38 м на 1 км течения.

В пределы столицы река вступает в районе Строгино и покидает его на юго-востоке в районе Братеево. На территории города река сильно меандрирует и образует ряд излучин (меандр) в районах Серебряного бора, Фили, Лужников, Кунцево и Нагатино. В границах МКАД протяжённость Москва-реки составляет около 75 км при расстоянии по прямой 34 км.

Москва-река имеет более 40 правых и более 20 левых притоков с постоянным течением, а также несколько четко выраженных временных водотоков. Основными притоками реки Москвы в пределах города являются реки Яуза, Неглинная, Сетунь, Городня, Сходня, Химка, Котловка, Чура. Эти реки более узкие и мелководные, чем Москва-река. Ширина их поймы обычно невелика и составляет до 200-300 м, редко превышая 500 м. Ширина русел составляет 10-50 м, глубина до 1,5-2 м.

Река Москва в пределах города полностью зарегулирована плотинами и шлюзами. Скорость её течения при закрытых плотинах не превышает 0,2 м/с, при открытых – 1,5-2 м/с. Дно Москва-реки песчаное, гравийное, глинистое. Берега реки в черте города на большей части её протяжения укреплены набережными – подпорными стенками из сборного или монолитного железобетона и облицованы гранитными плитами. Воды реки широко используются для водоснабжения города Москвы.

Геоморфологические условия

В геоморфологическом отношении Москва расположена в центральной части Русской равнины. В пределах территории города находятся четыре ландшафтно-геоморфологических района: Теплостанская возвышенность (А), Смоленско-Московская возвышенность (Б), Мещерская низменность (В) и долины реки Москвы и ее притоков (Г). Геоморфологическая схема Московской области представлена на рис. 3, геоморфологическая схема г. Москвы приведена на рис. 4. На схеме район «Г» – долины Москвы-реки и притоков, показаны оттенками зелёного цвета, разделяет районы «А», «Б» и «В», показанные оттенками желтого цвета.

Указанные районы существенно отличаются абсолютными отметками земной поверхности, крутизной склонов и некоторыми другими параметрами.

Главным геоморфологическим и ландшафтным объектом на территории столицы является долина реки Москвы. Она занимает достаточно обширную часть территории города и пересекает его с северо-запада на юго-восток. Вместе с долинами крупных притоков (рр. Яуза, Сетунь, Сходня и др.) долинный комплекс составляет одну треть всей площади города.

Долина имеет асимметричное строение, при этом террасы развиты преимущественно на левом берегу. Террасы продольные аккумулятивные. Наибольших значений ширина долины достигает в юго-восточной части города, где составляет 12 км. В рельефе долины реки Москвы выделяют: пойму (низкую и высокую) и три надпойменные аллювиальные террасы (первую, вторую и третью).

Ранее пойма тянулась практически сплошной полосой вдоль всей реки. В настоящее время в результате многочисленных изменений естественного ландшафта пойма Москвы-реки либо затоплена в большей своей части вследствие сооружения Канала им. Москвы и поднятия уровня воды в реке, либо существенно подсыпана и ее поверхность поднята до уровня первой Серебряноборской надпойменной террасы (участки Болотной площади и Лужников, район Южного порта и др.). Абсолютные отметки ее поверхности поймы в естественном состоянии составляют 125-126 м. Ширина поймы колеблется от 0,5 км у подмываемого берега и до 1-2 км внутри излучин. Значительные участки поймы находятся в районах Тушино, Крылатское, Нижние Мневники, Лужники, Марьино, Братеево, Коломенское и др. Она имеет два уступа – низкую и высокую поймы.

Низкая пойма практически вся затоплена по реке Москве и сохранилась фрагментарно. Низкая пойма ясно выделяется в Татарово, в музее-заповеднике Коломенское. В основном она сохранилась по притокам Москва-реки. Низкая пойма регулярно затопляется во время весенних половодий.

Первая надпойменная терраса (Серебряноборская) в границах города встречается очень фрагментарно и в рельефе наиболее хорошо выражена в Серебряном бору и в небольшой части Замоскворечья. Высота террасы над урезом воды составляет 8-10 м. Поверхность террасы ровная и характеризуется абсолютными отметками 126-130 м. Фрагмент первой надпойменной террасы можно видеть в маршруте по Воробьевым горам у Андреевского моста.

Правый берег Москвы-реки на отдельных отрезках реки имеет довольно крутые склоны. На таких участках склоны прорезаны многочисленными оврагами и промоинами. Подобный эрозионно-денудационный тип рельефа характерен для правого борта реки Москвы в районах Рублевского шоссе – Фили, Воробьевых гор, Москворечья и ряда других мест.

Вторая надпойменная терраса (Мневниковская) обычно довольно хорошо выражена в рельефе. В черте города она прослеживается практически по всей длине Москвы-реки. Вторая надпойменная терраса имеет высоту 15-22 м над урезом воды. Ее почти ровная горизонтальная (угол наклона не превышает 1,5 град.) и неширокая поверхность характеризуется абсолютными отметками 130-140 м. К первой надпойменной террасе спускается пологим уступом. По долинам притоков вторая

надпойменная терраса преимущественно фиксируется в виде уступа имеющего высоту 8-10 м. В пределах Мневниковской террасы находятся Нижние Мневники, большая часть Замоскворечья, Нагатино и Марьино.

Третья надпойменная терраса (Кремлёвская или Ходынская) является наиболее древней, самой высокой, четко выражена в рельефе. Она имеет наибольшее распространение. Её поверхность представляет собой равнинное пространство с незначительными колебаниями высот. Превышение террасы над урезом воды на западе территории составляет 30-35 м, а на востоке – 38-40 м. Абсолютные отметки поверхности колеблются в интервале 140-160 м. Поверхность террасы ровная, имеет слабый уклон (1,5-3 градусов) в сторону реки. Терраса имеет ширину до 5 км и в черте города сопровождает Москва-реку на всем её протяжении. От прилегающих к ней водоразделов и более низких террас Ходынская терраса отделена пологим уступом.

Помимо долины реки Москвы третья надпойменная терраса прослеживается в приустьевых частях таких её крупных притоков, как реки Яуза, Сходня, Сетунь и Городня. Высота надпойменной террасы здесь составляет 20-25 м.

На всем протяжении третья терраса цокольная, то есть её аллювиальные отложения подстилаются древними отложениями на уровне выше уреза воды в реке. Древние отложения можно видеть в бортах долины под аллювием в Нескучном саду (маршрут по Воробьёвым горам) в овраге Гнилуша (маршрут по Крылатским холмам).

Северо-западную часть города занимает край Смоленско-Московской возвышенности (Москворецко-Яузское междуречье). Эта возвышенность создана ледником и частично размыта реками в последующие тысячелетия. Она представляет собой аккумулятивно-эрозионную морено-флювиогляциальную равнину. Поверхность равнины пологоволнистая. В ее пределах на фоне плоских участков, сложенных флювиогляциальными отложениями, с абсолютными отметками 155-175 м, выделяются пологие моренные холмы с абсолютными отметками 170-190 м. Крутизна склонов не превышает 1,5 градусов.

Южные и юго-западные районы столицы расположены на Теплостанской возвышенности, которая является частью Москворецко-Окской пологоувалистой моренной эрозионной равнины. Абсолютные отметки Теплостанской возвышенности изменяются в пределах 175-255 м. К участкам этой возвышенности в районах Тёплого стана и Ясенево приурочены наиболее высокие абсолютные отметки поверхности рельефа на территории Москвы. Превышение ее поверхности над урезом воды в реке Москве достигает 130 м. Поверхность возвышенности осложнена густой сетью оврагов и балок, на склонах которых нередко имеются оплывины и оползни мелкого заложения. Поверхность возвышенности имеет ступенчатый характер. Нижние ступени перекрыты флювиогляциальными и озерно-ледниковыми отложениями с отдельными линзами морены в разрезе и представляют собой флювиогляциальную равнину, высокие ступени перекрыты моренами московского и днепровского (донского) ледников. Мощность четвертичных отложений неравномерна и изменяется от 2-3 м до 20-30 м. На северо-западе Теплостанской возвышенности выделяют Татаровские высоты или Крылатские

холмы, на севере – Воробьёвы горы. В пределах Теплостанской возвышенности берут начало реки Раменка и Очаковка. Здесь протекают Битца, Чертановка и Городня.

Восточная часть города расположена на окраине Мещерской озерно-ледниковой низменной равнине (низменности), представляющей собой среднечетвертичную зандровую равнину. Поверхность равнины плоская, нерасчлененная, имеет общий уклон на юго-восток (с отдельными небольшими поднятиями), ее абсолютные отметки лежат в пределах 140-160 м. Эта область характеризуется относительно большой мощностью водно-ледниковых и аллювиальных отложений и неглубоким залеганием глин и известняков карбона. Относительное превышение над урезом воды в реке Москве составляет 20-40 м. Крутизна склонов не превышает 1,5 градусов. В пределах этой территории расположены озера ледникового происхождения (Белое, Светлое и Чёрное).

Первоначальный естественный рельеф территории Москвы практически повсеместно существенно изменен градостроительством. В настоящее время заключено в трубы и засыпано свыше сотни небольших рек, ручьёв, оврагов и балок, десятки стариц и болот, свыше 700 прудов. Помимо этого, при строительстве города производились значительные срезки грунтов, были скрыты некоторые холмы. В результате рельеф Москвы был значительно выположен, а на отдельных участках существенно увеличилась мощность техногенных отложений. К числу наиболее крупных форм искусственного рельефа относятся: канал им. Москвы, Химкинское водохранилище, гребной канал в Крылатском, Карамышевское и Хорошёвское спрямления Москвы-реки. Очень существенными элементами такого рельефа в городе являются выемки и насыпи автомобильных и железных дорог, дренажных каналов и др.



- I - Верхневолжская озерно-ледниковая плоская низменность
- II - Смоленско-Московская моренно-эрозионная возвышенность
- III - Москворецко-Окская пологоувалистая эрозионная равнина
- IV - Мещерская озерно-ледниковая низменная равнина
- V - Зарайская эрозионная увалисто-балочная возвышенная равнина

Рис. 3. Геоморфологическая схема Московской области
(В.М. Соколовский, Е.Н. Мышечкая, 1964)

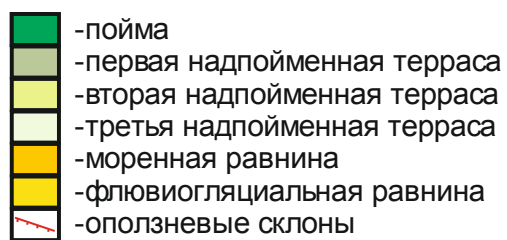
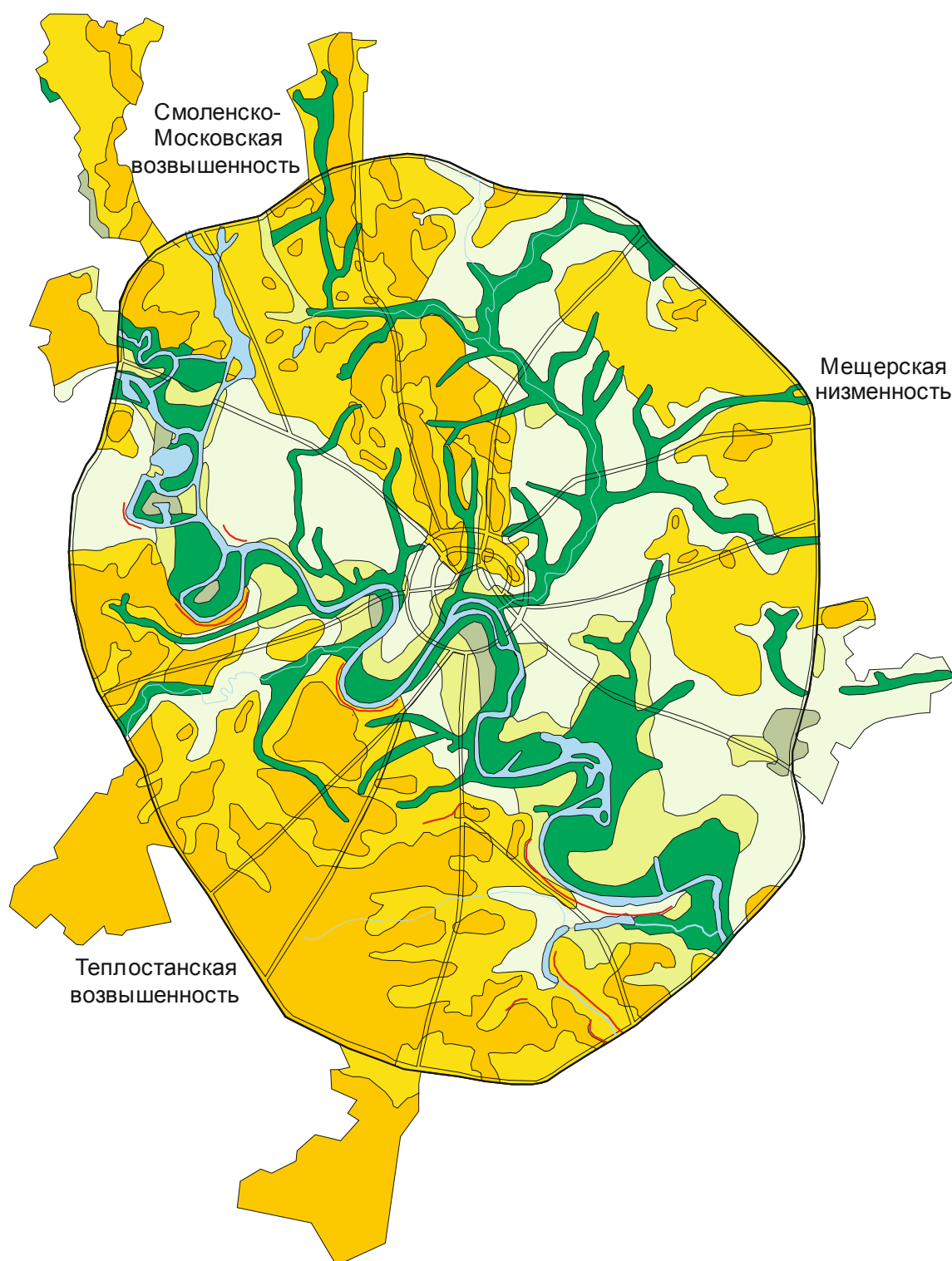


Рис. 4. Геоморфологическая схема г. Москвы
(В.И. Осипов, О.П. Медведев и др., 1997)

Краткая история геологического развития территории города

Мощный кристаллический фундамент, залегающий в основании геологического разреза Московского столичного региона (рис. 5), сформировался около 1,6 млрд. лет назад. В начальный период формирования кристаллического фундамента платформы колебания земной коры сопровождались разломами, по которым из земных недр изливались потоки вулканической лавы.

На протяжении последних 550 млн. лет, охватывающих этап платформенного развития территории, вследствие эндогенных процессов в земной коре происходили неоднократные ее поднятия и опускания. Территория Москвы в результате таких поднятий земной коры периодически оказывалась частью континента, на котором активно происходили процессы водной эрозии и выветривания горных пород. При погружениях земной коры будущая территория города периодически становилась дном морского бассейна и в нем происходило интенсивное накопление осадочных пород (мощных толщ известняков, доломитов, мергелей, песчаников, алевроитов, глин и песков).

Около 80 млн. лет назад (начало позднемеловой эпохи) последний морской бассейн оставил пределы европейской части современной России, поскольку здесь земная кора испытала общее крупное поднятие. В результате этого в регионе установился континентальный режим и сформировался палеорельеф с характерными глубокими речными долинами (палеодолинами).

Четвертичный период охарактеризовался неоднократной сменой теплого и холодного климата. В результате происходивших похолоданий территория Московского столичного региона трижды покрывалась мощными ледниками. Около полумиллиона лет назад в северной части Европы наступило значительное похолодание. Оно способствовало накоплению больших масс льда на Скандинавском и Кольском полуостровах. Оттуда эти массы льда двигались на обширную Русскую равнину (иначе именуемую как Восточно-Европейскую). Самое древнее оледенение достигло долины реки Ока (окское оледенение). Оно было непродолжительным и сменилось периодом потепления. Межледниковье тоже продлилось недолго и за ним последовало гораздо более значительное оледенение, при котором толщина ледникового покрова достигала 4 км. Этот ледник распространился далеко на юг по древним долинам Днепра и Дона (донское оледенение). Затем ледник отступил до Московской возвышенности. При новом более слабом наступлении ледник достиг Калуги и Подольска (московское оледенение). После себя все эти оледенения оставили комплекс ледниковых отложений, включающий ледниковые отложения (морены), а также флювиогляциальные и озерно-ледниковые отложения.

Тектонические условия

Тектонические условия Москвы обусловлены её нахождением в центральной части Русской платформы, представляющей собой в структуре земной коры громадную стабильную плиту, фундамент которой сложен магматическими и метаморфическими породами. На них лежит чехол осадочных пород мощностью от

1,2 км до 2,8 км. Поверхность фундамента имеет сложный рельеф горного типа. До образования осадочного чехла на месте Москвы были горы с перепадом высот более 1 км. Чехол осадочных горных пород сложен литифицированными, преимущественно морскими отложениями рифейского, вендского, кембрийского, девонского, каменноугольного, юрского, мелового и перекрыт континентальными нелитифицированными осадками четвертичного возраста (рис. 5).

Тектонические условия характеризуются наличием четко выраженного блочного строения земной коры в пределах всей территории города. При этом практически в пределах всех административных округов прослеживаются зоны разных знаков неотектонических движений (поднятия и опускания), разделенные глубинными разломами в фундаменте. Зоны опускания приурочены, в основном, к долинам рек Москвы и Яузы. В пределах города выделяются структурообразующие линеаменты (разломы) и геодинамически активные зоны с повышенной деформативностью земной коры, трещиноватостью и проницаемостью коренных пород, определяющие активность экзогенных геологических процессов и геозологическую опасность приуроченных к ним территорий. Особенности тектонических условий территории Москвы имеют значение для строительства подземных сооружений глубокого заложения, а также уникальных зданий и сооружений или сооружений с высокочувствительным к незначительным деформациям оборудованием.

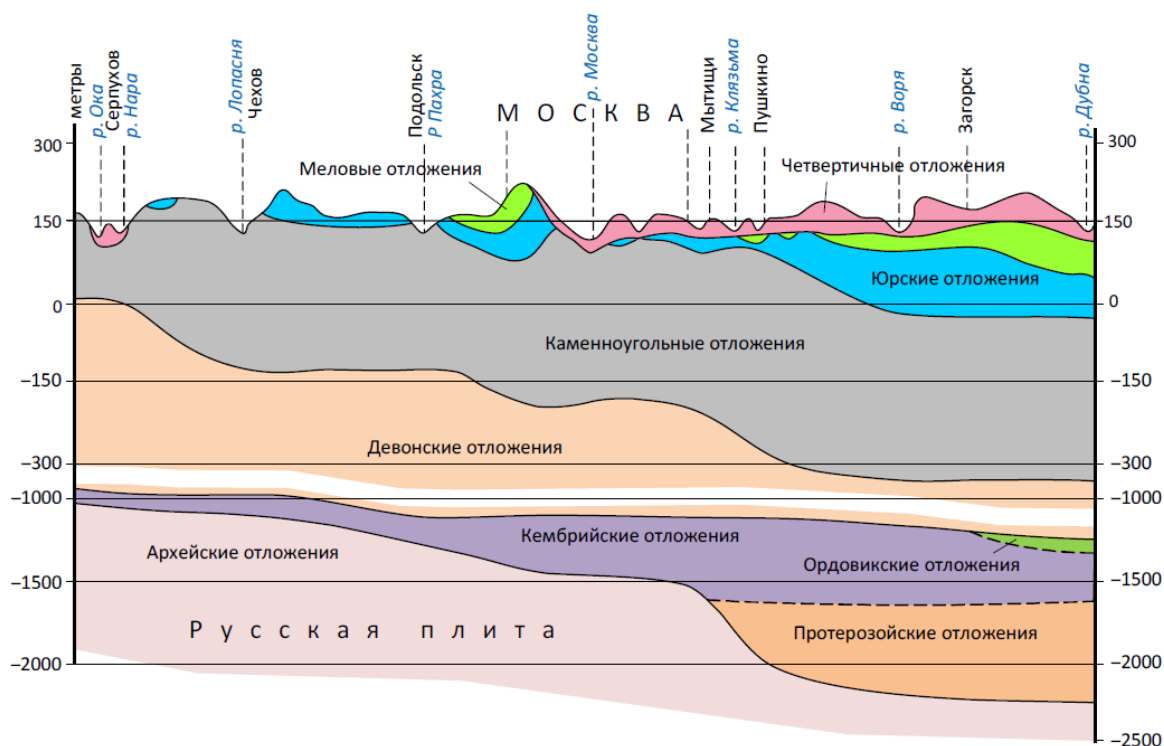


Рис. 5. Схематический геологический разрез по линии р. Ока – Москва – р. Дубна (составили В.М. Соколовский, Е.Н. Мышечкая, 1964)

Геологическое строение

Общее представление о геологических образованиях, развитых на территории города Москвы, дает сводный стратиграфический разрез, приведенный на рис. 6 и геологические карты, приведенные на рис. 7 и 8. В данном пособии использованы стратиграфические подразделения, принятые при составлении Государственных геологических карт Московской серии листов М 1:200 000 (1997 г.) и Геологического атласа Москвы М 1:10 000 (2010 г.).

Влияние города, его наземных и подземных сооружений на геологическую среду быстро убывает с глубиной. Оно, в пределах застройки, повсеместно активно до глубины около 3-5 м, на участках высотного строительства до глубины около 30-50 м. В районе подземных сооружений и в связи с водоотбором из глубоких водоносных горизонтов влияние города распространяется до глубины 200-300 м от поверхности земли. Ниже лежат горные породы пока не затронутые техногенным воздействием. Часть геологического разреза, на которую влияет город, в свою очередь влияет на его сооружения. Ниже мы остановимся на рассмотрении только верхней части геологического разреза, влечённой во взаимодействие с городом.

На территории города Москвы в пределах реальной зоны взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой наиболее древними являются породы каменноугольного возраста. На этой территории каменноугольная система представлена всеми тремя отделами.

Поскольку породы нижнего отдела залегают на больших глубинах, где практически не испытывают влияния города ниже они не рассматриваются. Отложения среднего отдела каменноугольной системы развиты в пределах всей территории Москвы. При этом средний отдел каменноугольной системы представлен московским ярусом (С2m), в составе которого снизу вверх выделяются следующие свиты: верейская, каширская, подольская и мячковская. Верейская свита на разрезе 7 не показана, как глубокозалегающая. Вышележащие имеют номера соответственно 19, 18 и 17.

Верейская свита залегает на размытой поверхности нижнекаменноугольных отложений. Породы верейской свиты представлены красноцветными песками, белыми известняками, кирпично-красными глинами. Мощность отложений верейской свиты составляет около 12-14 м.

Каширская свита залегает со стратиграфическим несогласием на породах верейской свиты. Эта свита представлена ритмично чередующимися карбонатными породами, преимущественно известняками белыми и светло-серыми, органогенно-детритовыми, прослоями глинистыми, а также доломитами неравномерно глинистыми, часто окремненными. Мощность каширской свиты составляет 55-60 м.

Подольская свита залегает на отложениях каширской свиты, в пределах города характеризуется повсеместным распространением и имеет следы размыва. Породы подольского горизонта представлены ритмично чередующимися известняками и доломитами. Подольские известняки органогенные и органогенно-обломочные, имеют тонкослоистое строение. Доломиты преимущественно мелкозернистые. Максимальная мощность свиты достигает 41 м, а преимущественная мощность составляет 32-35 м.

Мячковская свита в городских границах имеет повсеместное распространение и залегает согласно на отложениях подольской свиты. Она отличается преобладанием детритовых известняков с органогенными прослоями, а также наличием доломитов и мергелей, играющих подчиненную роль. Известняки мячковской свиты белые и светло-серые, пористые местами выветрелые, кавернозные с карстовыми полостями, нередко доломитизированные. Доломиты светло-серые, серые и желтовато-серые, иногда окремненные. Мощность свиты не выдержана и изменяется в пределах от 20 до 25 м. Известняки и доломиты среднекаменноугольного возраста в большинстве случаев сильно трещиноваты и закарстованы (в них отмечается наличие каверн и полостей).

Отложения верхнего отдела каменноугольной системы представлены породами касимовского яруса (C2k), развитого на севере и в центре территории города Москвы. В его составе снизу вверх по литологическим признакам выделяются три свиты: кревьякинская, хамовническая и дорогомилловская.

Кревьякинская свита (16) представлена в границах распространения яруса двумя подсвитами: нижней – суворовской и верхней – воскресенской. Суворовская подсвита сложена преимущественно известняками с подчиненными прослоями доломитов, а также мергелями. Известняки светло-серые и белые мелкодетритовые, микрозернистые кавернозные. Мощность суворовской подсвиты изменяется от 6 до 12 м. Воскресенская подсвита сложена переслаивающимися глинами, мергелями с подчиненными прослоями органогенных известняков и глинистых доломитов. Глины пестроцветные, в основном кирпично-красные, тонкослоистые, плотные, неравномерно песчанистые. Мощность воскресенской подсвиты колеблется от 7 до 10 м. Общая мощность кревьякинской свиты изменяется от 13 до 20 м.

Хамовническая свита (15) залегает согласно на отложениях кревьякинской свиты, имеет преимущественное распространение в северной части территории города Москвы. В составе хамовнической свиты выделяются нижняя карбонатная ратмировская и верхняя глинистая неверовская подсвиты. Ратмировская подсвита сложена известняками светло-серого цвета, мелко- и тонкозернистыми. Мощность ратмировской подсвиты составляет 5-12 м. Неверовская подсвита сложена пестроцветными глинисто-мергелистыми отложениями с тонкими прослоями органогенных известняков. Мергели плотные, преимущественно доломитовые, реже карбонатные, горизонтально слоистые. Глины карбонатные, плотные, слоистые, прослоями алевритистые, слабо слюдистые. Мощность неверовской подсвиты составляет 6-11 м. Общая мощность хамовнической свиты изменяется от 12 до 18 м.

Дорогомилловская свита (14) распространена в центральной и северной частях территории города Москвы. По литологическому составу дорогомилловская свита, близка к хамовнической, но отличается меньшим содержанием глинистых пород. Свита делится на две подсвиты: нижнюю – перхуровскую и верхнюю – мещеринскую. Перхуровская подсвита сложена ритмично чередующимися известняками и доломитами. Известняки светло-серые, зеленовато-серые, доломитизированные, мелко- и микрозернистые, местами органо-детритовые. Доломиты серые и зеленовато-серые, известковистые, глинистые, плотные. Мощность перхуровской подсвиты 5-7 м. Мещеринская подсвита представлена в

основном переслаиванием глин, мергелей, известняков и доломитов. Глины пестроцветные темно-вишневые, красно-бурые, тонкослоистые, плотные. Мергели вишнево-красные, лиловые и зеленовато-серые, в основном доломитовые, плотные, слоистые. Известняки светло-серые, доломитизированные, неравномерно глинистые, мелкопористые. Доломиты глинистые. Мощность мещеринской подсвиты изменяется от 7 до 11 м.

Яузская свита распространена на севере, северо-востоке и в центральной части территории города Москвы. Эти отложения без следов перерыва залегают на дорогомилловской свите. В яузской свите выделяются две подсвиты: нижняя – измайловская и верхняя – трошковская. Измайловская подсвита представлена известняками микро- и тонкозернистыми и доломитами глинистыми, плотными, мелкозернистыми, местами кавернозными, прослоями окремненными, иногда разрушенными до доломитовой муки. Мощность измайловской свиты 5,5-7,0 м. Трошковская подсвита имеет крайне ограниченное распространение. В составе подсвиты преобладают глины и мергели с подчиненными прослоями доломитов. Глины вишнево-бурые, иногда красные, слабо карбонатные, неравномерно алевритистые, слоистые. Мергели красные, ржаво-бурые, доломитовые или известковистые, плотные, слоистые с прослойками алевритов, мощность трошковской подсвиты 1,5-4 м. На сводном разрезе яузская подсвита не изображена ввиду её локального распространения и малой мощности технически неотобразимой на разрезе.

Разрез каменноугольных отложений на старой территории города завершается Гжельским ярусом, от которого сохранились только на севере города самые нижние слои, представленные глинами с прослоями песков, известняками, доломитами и мергелями. Суммарная мощность их не превышает 20 м. На большей части городской территории каменноугольные отложения перекрываются породами мезозоя и лишь на отдельных участках – четвертичными отложениями.

Над каменноугольной толщей со стратиграфическим несогласием залегают отложения юрского возраста (в основном верхнеюрские) и, выше, нижнемелового возраста.

Юрская система на данной территории представлена байоским, батским и келловейским ярусами среднего отдела, келловейским, оксфордским, киммериджским и титонским ярусами верхнего отдела.

Наиболее древними юрскими отложениями, сохранившимися на ограниченных участках городской территории, в основном в карстовых западинах древнего рельефа, являются отложения байоского яруса на которых без перерыва лежат отложения батского яруса (J2bt-b). Они представлены преимущественно глинами зелено-серыми жирными, плотными, с единичными тонкими линзами песка и углистыми отпечатками растений, в нижней части с щебнем карбонатных пород и кремня. В верхней части присутствуют речные пески, кварцевые разномызернистые серого и темно-серого цвета. Отложение осадков произошло в континентальных условиях. Материалом для осадков байоса-бата послужили продукты выветривания пород каменноугольного возраста. Комплекс континентальных отложений,

залегающий в основании юры, получил название мешчерского горизонта (12). Мощность его достигает 29 м.

Отложения келловейского яруса (J3k) образуют елатминский горизонт (11). Они представлены переслаиванием глинистых песков серого и коричневого цвета с алевроитами и глинами черными жирными с углистыми включениями, а также алевроитами песчано-глинистыми темно-серыми, буровато-серыми. Это прибрежно морские отложения, сформировавшиеся при наступлении юрского моря на территорию ныне занимаемую Москвой в начале келловейского времени. Мощность елатминского горизонта достигает 20 м.

Выше по разрезу залегает мощный литолого-стратиграфический комплекс глинистого состава (10 и 9), образовавшийся в морских условиях в течение келловейского, оксфордского и киммериджского веков (J3km-k). Море к этому времени заняло всю рассматриваемую территорию. Потому отложения комплекса распространены повсеместно, точнее там, где они не размыты в четвертичном периоде. Толща сложена глинами серыми, темно-серыми, черными алевроитистыми, преимущественно тугопластичными, слюдистыми, с остатками фауны. В нижней части толщи залегает пронский горизонт (10), существенно карбонатный, содержащий мергели, пески и песчаники наряду с глинами. В целом названный глинистый комплекс играет роль регионального водоупора, отделяющего безнапорные горизонты меловых и четвертичных отложений от напорных горизонтов каменноугольных отложений. Велико и его инженерно-геологическое значение, так как он нередко становится основанием капитальных наземных сооружений и средой подземных сооружений. Легко разрабатываемый, защищающий сооружение от подземных вод, достаточно мощный, чтобы в нём разместить крупные сооружения он удобен для подземного и наземного строительства, хотя прочностные и деформационные характеристики, слагающих его пород несмотря на их древность не высоки. Мощность отложений киммериджского и оксфордского ярусов составляет 10-30 м.

Отложения титонского яруса (8, J3tt) представлены песками кварцево-глауконитовыми, глинистыми зеленовато-черными, мелкозернистыми с конкрециями фосфоритов, глинистыми алевроитами темно-серыми и черными с зеленоватым оттенком, сильно слюдистые. Пески обладают неблагоприятными для строительства свойствами, в частности, тиксотропны и подвержены плавунности. Мощность отложений титонского яруса достигает 13 м.

Меловая система в пределах города сложена преимущественно песчаными и алевроитовыми отложениями, она представлена нижним и верхним отделами. Меловые отложения сохранились в Москве на водоразделах, наиболее полно в южной части города в районах Теплого Стана, Чертанова, Коломенского. Нижний отдел меловой системы представлен берриасским, готеривским, барремским, аптским и альбским ярусами.

Отложения берриасского яруса (7; K1b) представлены песками белыми, светло-серыми, серыми с зеленоватым оттенком, мелкозернистыми, сильно слюдистыми, неравномерно глинистыми. Наибольшая мощность берриасского яруса достигает 25-30 м на юго-востоке Москвы в районе Капотни-Лыткарина-Люберец.

Здесь белые пески, однородные, чисто кварцевые разрабатывались в карьерах и использовались для производства стекла. Высокопрочные песчаники, залегающие среди песков шли для мощения дорог (Ивановская площадь в Кремле), изготовления жерновов и дорожных тумб.

Отложения готеривского и баремского ярусов (6,5; K1g, K1br) представлены песками светло-серыми, серыми, зелеными тонко- и мелкозернистыми, сильно слюдистыми и песчаниками желтовато-серыми разнозернистыми, сильно слюдистыми, а также глинами алевритовыми и алевритами сильно глинистыми черными с темно-фиолетовым оттенком, плотными с тонкими линзами и гнездами тонкозернистых песков и алевритов. Мощность готеривского и баремского ярусов совместно составляет 20-30 м.

Выше по разрезу, на абсолютных отметках более 160 м залегают отложения аптского и альбского ярусов. Отложения аптского яруса (4; K1a) представлены песками, в нижней части мономинеральными кварцевыми белыми. В средней и верхней части апта пески глинистые серые, до черных со слоями алевритов и черных глин. Мощность аптских отложений 20-40 м. Отложения альбского яруса (3; K1al) представлены также песками и алевритами темного цвета, зелено-серыми глауконит-кварцевыми, черными и серыми глинами. Мощность альбских отложений до 38 м.

Отложения верхнего отдела меловой системы (2, K2s; 1, K2st-k) составляют высокую часть водораздела Теплостанской возвышенности. В их составе выделяются сеноманский, коньякский и сантонский ярусы. Они представлены преимущественно песками мелкими кварцевыми зеленовато-светлосерыми иногда с желтоватым оттенком, местами глинистыми с линзами кварцитовидных песчаников, прослоями трепелов и глин. Мощность отложений верхнего мела не более 20 м.

В конце меловой эпохи отложения носят прибрежноморской (альб) и континентальный характер. Около 80 млн. лет назад море покинуло территорию Москвы и Подмосковья. С тех пор здесь лежит континентальная равнина. Геологический разрез и геологическая карта дочетвертичных образований показаны рис. 6 и 7.

Принципиальное значение имеет наличие в пределах долин рек Москвы и Яузы зон, в которых юрские породы полностью размыты и, следовательно, четвертичные отложения, в том числе песчаные, залегают непосредственно на карстующихся карбонатных породах. Существенным является и ограниченная площадь распространения нижнемеловых пород, обладающих более высокими физико-механическими характеристиками, чем юрские отложения.

Верхнюю часть разреза занимают четвертичные отложения. Отметки подошвы этих отложений изменяются в больших пределах: от 100 до 240 м. Четвертичные отложения распространены практически повсеместно. Исключение составляют небольшие по площади, редко встречаемые участки крутых долинных и овражных склонов. Геологическая карта четвертичных отложений и образований показана на рис. 8.

На рассматриваемой территории широко распространены оставленные ледником морены и отложения талых вод ледника, называемые водн-ледниковыми или флювио-гляциальными. Геологами выделены четыре моренных горизонта и сопутствующие им водно-ледниковые образования, отвечающие нижнеплейстоценовым ликовской толще, сетуньской и донской свитам и среднеплейстоценовой московской свите.

По рекам выделяются аллювиально-флювиогляциальные отложения третьей (Ходынской) надпойменной террасы, аллювий второй (Мневниковской) и первой (Серебряноборской) террас и пойменный аллювий. На водоразделах и их склонах распространения московско-валдайские субэральные, делювиальные отложения и аллювиально-делювиальные выполения древних балок. На склонах речных долин имеются коллювиальные образования.

Все типы четвертичных отложений представлены нелитифицированными песчано-глинистыми осадками: песками, супесями, суглинками, реже глинами. Несмотря на немногочисленность наименований грунтов, они существенно различаются по инженерно-геологическим характеристикам. Это вызвано наличием в четвертичном комплексе отложений различного генезиса (гляциальных, флювиогляциальных, аллювиальных, озерно-ледниковых, делювиальных, болотных, техногенных), что и предопределяет широкий диапазон их состава и свойств.

Общая мощность четвертичных отложений изменяется в пределах города от нескольких метров до 25-35 м, в том числе техногенных образований от 0 до 20 м. Ранее мы указали, что зона активного воздействия города в основном простирается до глубины около 30 м. Следовательно, она обычно находится в четвертичных отложениях. Их изучение наиболее актуально для строителей.

Рассмотрим кратко особенности названных типов четвертичных отложений.

Четвертичные отложения всюду подстилаются дочетвертичными. В верхней части породы сильно выветрелые. На каменноугольных горных породах почти повсеместно присутствует слой элювия пылевато-глинистого состава с большим содержанием крупнообломочного материала материнских пород. На некоторых участках вследствие интенсивных откачек воды из каменноугольных водоносных горизонтов и возникновения эффекта суффозии этот элювий вынесен в карстовые пустоты.

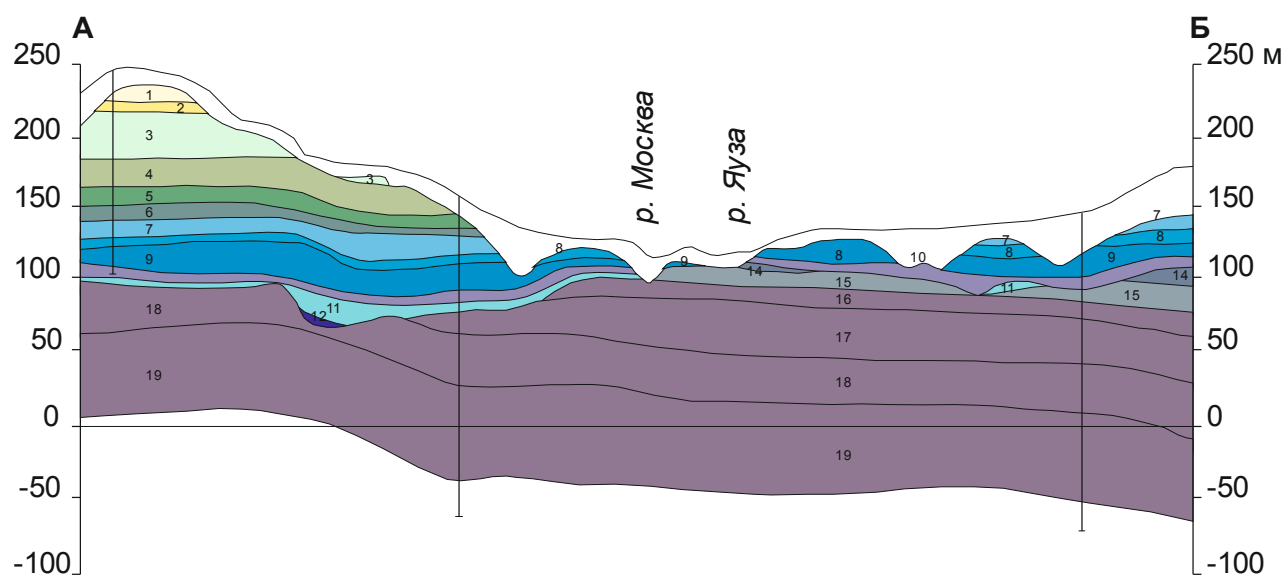


Рис. 6. Геологический разрез дочетвертичных образований (составила Е.А. Гаврюшова по материалам Е.С. Артемьевой, 1996).

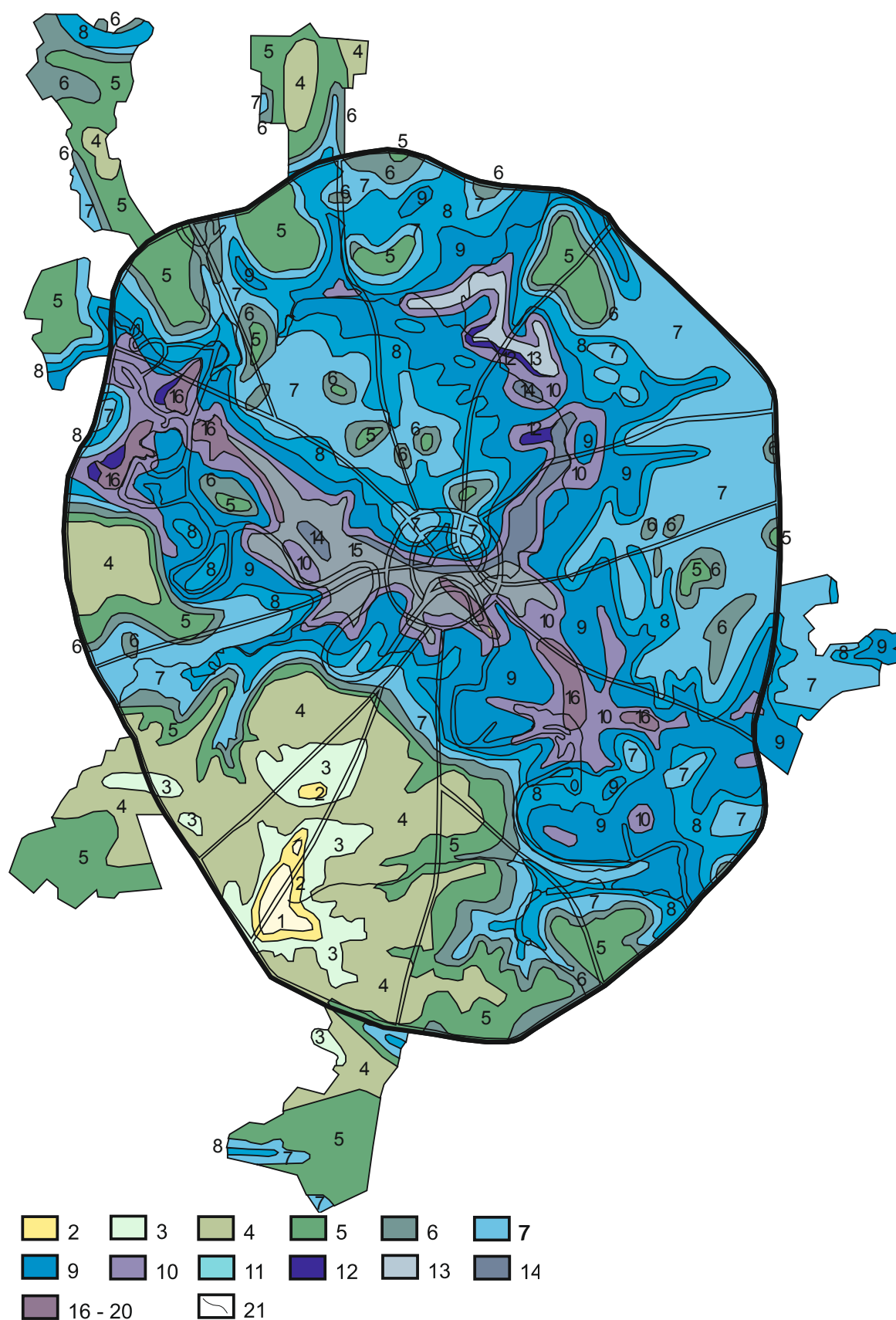


Рис. 7. Геологическая карта дочетвертичных образований (составила Е.А. Гаврюшова по материалам Е.С. Артемьевой, 1996).

1-6 – меловая система: 1 – коньякский и сатонский ярусы, хотьковский горизонт (глины, трепела, песчаники, пески), 2 – сеноманский ярус, варавинский горизонт (пески), 3 – альбский ярус, кольчугинский горизонт (глины, алевроиты, пески), 4 – аптский ярус, котловский горизонт (пески, песчаники, алевроиты, глины), 5 – верхнеготеривский подъярус и барремский ярус, владимирский горизонт (пески, алевроиты с прослоями глин), 6 – нижнеготеривский подъярус, ярославский горизонт (пески); 7 – берриасский ярус нижнего мела и титонский ярус верхней юры нерасчлененные; 8-12 – юрская система: 8 – титонский ярус, костромской и мневниковский горизонты (алевриты, пески с фосфоритами), 9 – средне-верхнекелловейский подъярусы, оксфордский ярус и нижнекиммеридский подъярус нерасчлененные (глины), 10 – среднекелловейский подъярус, пронский горизонт (пески, песчаники, оолитовые мергели), 11 – нижнекелловейский подъярус, елатьминский горизонт (переслаивание песков, алевроитов, глин), 12 – байосский и батский ярусы, мещерский горизонт; 13-16 – верхний отдел каменноугольной системы: 13 – гжельский ярус, добрятинский горизонт (известняки, редко доломиты, глины, мергели), 14 – касимовский ярус, дорогомиловский горизонт (ритмическое чередование глин, глинистых доломитов, мергелей и доломитизированных известняков), 15 – касимовский ярус, хамовнический горизонт (известняки, глины), 16 – касимовский ярус, кревякинский горизонт (известняки, глины); 17-20 – московский ярус среднего отдела каменноугольной системы (только на разрезе): 17 – мячковский горизонт (известняки, доломиты, мергели); 18 – подольский горизонт (доломиты, известняки, мергели), 19 – каширский горизонт (известняки, доломиты, глины, мергели), 20 – верейский горизонт (глины, мергели, известняки); 21 – геологические границы.

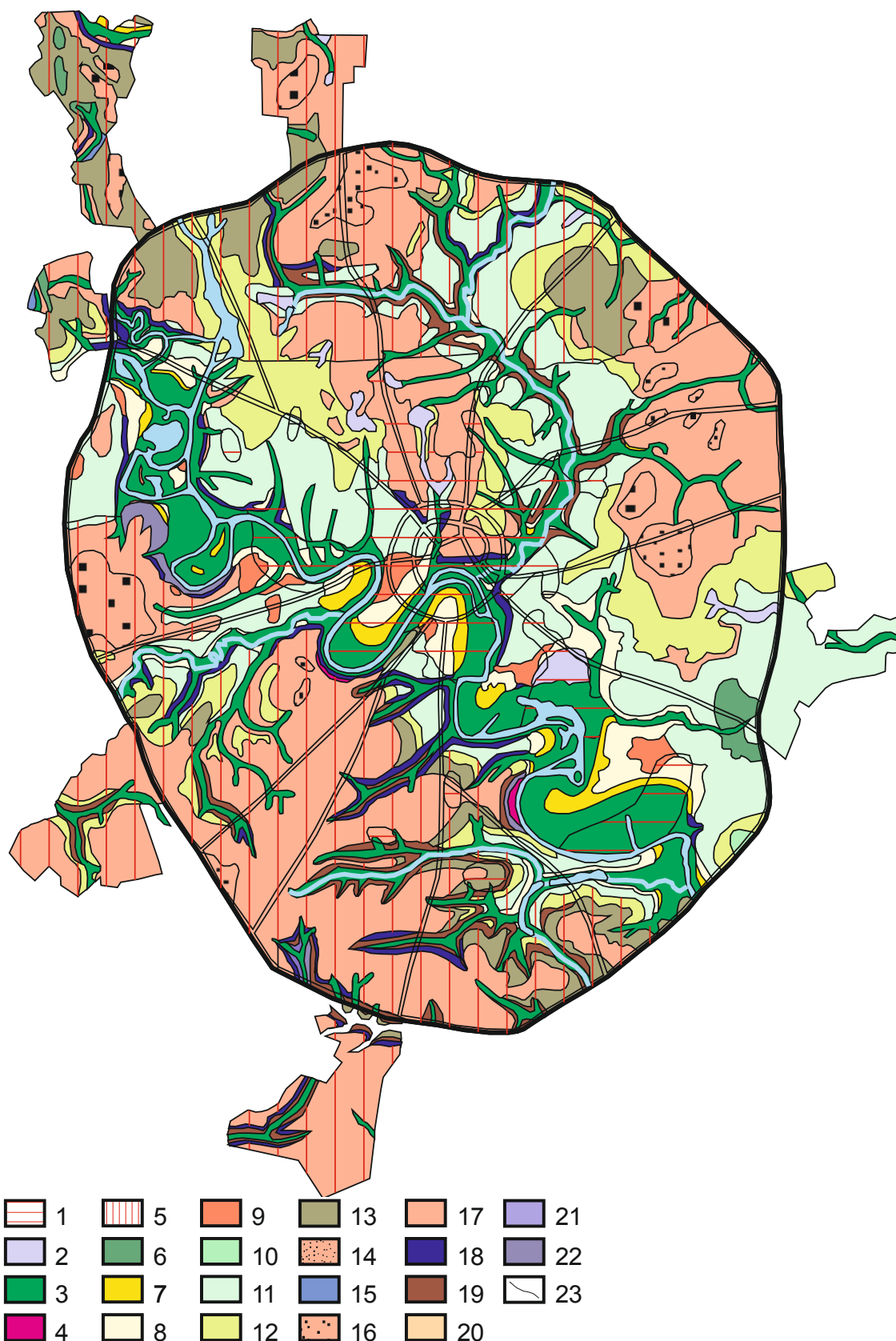


Рис. 8. Геологическая карта четвертичных отложений и образований (составила О.А. Лавровиц по материалам Е.А. Шулешкиной и И.В. Фурсиковой, 1997).

1-3 – современное звено: 1 – техногенные образования (насыпи, отвалы, свалки, суглинисто-супесчаные породы, промышленный и бытовой мусор), 2 – болотные

образования (торф, суглинки с растительными остатками), 3 – аллювиальные отложения (суглинки, пески, в основании гравий и галечник); 4 – верхнее-современное звенья (коллювиальные отложения, оползневые и обвальные отложения, песчано-глинистые породы); 5-10 – верхнее звено: 5 – нерасчлененный комплекс лессово-почвенных образований, делювиально-солифлюкционных отложений склонов, аллювиально-делювиальных выполнений древних балок (суглинки и супеси), 6-микулинский горизонт – валдайский надгоризонт, озёрные и болотные отложения (глины, суглинки с прослоями торфа, песка), 7 – мончаловский и осташковский горизонты, аллювиальные отложения 1-ой надпойменной (Серебряноборской) террасы (пески, глины, суглинки, супеси, в основании гравий и галька), 8-9 калининский горизонт, аллювиальные отложения 2-ой надпойменной (Мневниковской) террасы (пески, реже суглинки и глины); 10 – микулинский горизонт – озёрные и болотные отложения (пески, суглинки, торф); 11-17 – среднее звено, московский горизонт: 11 – аллювиально-флювиогляциальные отложения третьей надпойменной (Ходынской или Кремлёвской) террасы (пески с линзами гравия и гальки), 12 – водно-ледниковые отложения второго этапа отступления ледника (пески, реже суглинки), 13 – водно-ледниковые отложения первого этапа отступления ледника (пески, реже глины), 14 – водно-ледниковые отложения наледных озёр и потоков (пески, супеси, алевриты), 15 – водно-ледниковые внутриледные и подледные отложения (пески), 16 – ледниковые отложения – конечная морена (валунные суглинки, пески, супеси), 17 – ледниковые отложения-основная морена (суглинки с гравием, галькой и валунами; 18 – нижнее-среднее звенья, донской-московский горизонты: комплекс водно-ледниковых, аллювиальных и озёрных отложений (пески, суглинки); 19-21 – нижнее звено: 19 – донской горизонт, основная морена (валунные суглинки с линзами песка), 20 – сетуньская-донская свиты, комплекс водно-ледниковых, аллювиальных и озёрных отложений (пески, супеси, суглинки), 21 – сетуньская свита, ледниковые отложения (моренные суглинки с гравием и галькой); 22 – дочетвертичные отложения; 23 – геологические границы; 24 – линии геологического разреза; 25 – скважины.

Гидрогеологические условия

На территории Москвы в пределах фактической зоны взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой по литолого-стратиграфическим признакам выделяются четвертичные, мезозойские и каменноугольные водоносные горизонты.

Ниже рассмотрены следующие основные водоносные горизонты, распространенные в пределах Москвы: четвертичный надморенный водоносный горизонт, надъюрский водоносный комплекс, верхнекаменноугольные измайловский, перхуровский и ратмировский водоносные горизонты, среднекаменноугольный подольско-мячковский водоносный горизонт.

Четвертичный надморенный водоносный горизонт грунтовых вод приурочен к техногенным, аллювиальным и флювиогляциальным отложениям, залегающим на относительно водоупорных суглинках донской и московской морен. Горизонт развит в основном на водораздельных пространствах. В области распространения моренных отложений водовмещающими отложениями для горизонта могут являться межморенные флювиогляциальные отложения. Надморенный водоносный горизонт грунтовых вод безнапорный. Уровенная поверхность горизонта в основном повторяет дневную поверхность, снижаясь от водоразделов к речным долинам. Максимальные уровни грунтовых вод надморенного водоносного горизонта отмечаются в западной и юго-западной частях территории города (абсолютные отметки 230-235 м). В долинах рек Москвы и Яузы уровни грунтовых вод снижаются до абсолютных отметок 130-135 м.

Надъюрский водоносный комплекс включает толщу обводненных песчаных отложений четвертичной и мезозойских систем, залегающих на верхнеюрских глинах. На территории Москвы надъюрский водоносный комплекс распространен практически повсеместно и отсутствует лишь на отдельных участках, где моренные суглинки залегают непосредственно на верхнеюрских глинах. На большей части территории Москвы водоносный комплекс приурочен, в основном к водно-ледниковым и аллювиальным пескам. В пределах водоразделов на западе, юго-западе и юге Москвы водовмещающие меловые отложения надъюрского комплекса имеют слоистое строение. На участках долинного комплекса рек Москвы и Яузы надъюрский водоносный комплекс имеет в основном безнапорный характер. На участках развития в кровле комплекса моренных отложений водоносный комплекс характеризуется преимущественно слабонапорным режимом.

Абсолютные отметки уровенной поверхности надъюрского водоносного комплекса закономерно снижаются от водоразделов к современным и погребенным доледниковым долинам. Наиболее высокие абсолютные отметки уровней подземных вод (170-190 м) отмечаются на повышенных участках водоразделов в юго-западной части городской территории. Основное дренирующее влияние на подземные воды оказывают долины рек Москвы, Яузы, Сходни, малых рек и участки глубоких эрозионных врезов, где их уровень снижается до абсолютных отметок 107-119 м. На некоторых участках палеодолин надъюрский водоносный комплекс полностью сдренирован (Смоленская площадь, ул. Новый Арбат).

Верхнекаменноугольный измайловский водоносный горизонт распространен преимущественно в северо-восточной части городской территории. Этот

водоносный горизонт межпластовых вод приурочен к известнякам и доломитам нижней (измайловской) подсвиты яузской свиты. Верхним водоупором горизонта являются верхнеюрские глины или глинисто-мергелистые отложения верхней (трошковской) подсвиты яузской свиты. На тех участках палеодолин, где размыты перекрывающие водоупоры, этот водоносный горизонт гидравлически связан с надъяюрским водоносным комплексом.

В пределах большей части территории города Москвы измайловский водоносный горизонт имеет напорный характер. Пьезометрический уровень межпластовых вод устанавливается на абсолютных отметках 122-139 м. На севере и северо-востоке, а также на отдельных участках в центре Москвы измайловский водоносный горизонт сдренирован, что обусловлено интенсивной работой дренажных систем Метрополитена. Региональное направление фильтрационного потока на север и северо-восток.

Верхнекаменноугольный перхуровский водоносный горизонт межпластовых вод распространен в центральной и северной частях территории города Москвы. Верхним водоупором межпластовых вод являются глинисто-мергелистые отложения верхней (мещеринской) подсвиты тестовской свиты, а вдоль южной границы распространения горизонта – верхнеюрские глины. В бортовых частях палеодолин верхнеюрский водоупор размыт, и горизонт непосредственно взаимосвязан с вышележащим надъяюрским водоносным комплексом. К участкам размыва верхнеюрских глин приурочены наиболее высокие абсолютные отметки уровня поверхности – от 120-128 м в южной части распространения горизонта, до 135-141 м на северо-западе территории города Москвы. Снижение уровней подземных вод связано с дренажным водоотливом из выработок Метрополитена. В центральной части города образовалась обширная депрессионная воронка со снижением уровня подземных вод до абсолютных отметок 110-115 м.

Верхнекаменноугольный ратмировский водоносный горизонт межпластовых вод распространен практически на всей области развития верхнекаменноугольных отложений и отсутствует лишь на отдельных участках центральной палеодолины. Верхним водоупором являются глинисто-мергелистые отложения верхней (неверовской) подсвиты хамовнической свиты, а вдоль южной границы распространения горизонта – верхнеюрские глины. На участках размыва перекрывающих водоупорных отложений ратмировский горизонт гидравлически связан с вышележащим надъяюрским водоносным комплексом. К участкам размыва верхнеюрских глин приурочены наиболее высокие абсолютные отметки уровня поверхности: 130-137 м в северо-западной части распространения горизонта, 120-128 м в юго-восточной и 115-120 м – в юго-западной и восточной. Интенсивная разгрузка ратмировского водоносного горизонта частично осуществляется в пределах древних эрозионных врезов. В центральной части города сформировалась глубокая депрессионная воронка со снижением уровня подземных вод до абсолютных отметок 95-100 м.

Среднекаменноугольный подольско-мячковский водоносный горизонт межпластовых вод распространен на всей территории города Москвы. Водовмещающие отложения комплекса представлены среднекаменноугольными

известняками и доломитами, в различной степени глинистыми, каверзными и трещиноватыми. В северной половине территории города Москвы перекрывающим водоупором являются глины и мергели верхней (суворовской) подсвиты кривякинской свиты, отделяющими подольско-мячковский комплекс от суворовского водоносного горизонта. На остальной территории водоупорной кровлей служат верхнеюрские глины.

На отдельных участках в пределах палеодолин водоносный горизонт залегает непосредственно под «надъярским водоносным комплексом».

В пределах всей территории Московского столичного региона из каменноугольных водоносных горизонтов и комплексов осуществляется активный отбор подземных вод для хозяйственных и производственных нужд, а также производится дренажный водоотлив. В результате такого водоотбора сформировались значительные депрессионные воронки.

Важное значение имеет факт техногенной нарушенности природных гидрогеологических условий на территории города. Это касается как положения уровня грунтовых вод и пьезометрических уровней межпластовых напорных вод, так и гидрогеохимической обстановки. В частности установлено изменение химического состава мезозой-кайнозойского водоносного комплекса в зависимости от функционального назначения городских территорий, например, селитебные районы и промзоны характеризуются последовательным повышением доли распространения вод хлоридных и сульфатных по сравнению с районами лесопарков. В то же время для селитебных районов в большей степени, чем для промзон характерно распространение вод гидрокарбонатно-хлоридного состава по сравнению с гидрокарбонатно-сульфатными водами.

Геологические и инженерно-геологические процессы и явления

На территории города Москвы наибольшее распространение имеют такие геологические процессы, прямо или косвенно оказывающие на влияние на безопасность населения и инфраструктуру города, как современные геодинамические движения земной коры, плоскостная, овражная и речная эрозия, заболачивание, суффозия, карст и карстово-суффозионные процессы, оползни.

Подтоплением называется процесс подъема уровня подземных вод (обычно грунтовых) или образование верховодки до отметок, представляющих опасность для освоенных территорий и строительных объектов.

Основными причинами развития подтопления на территории Москвы являются нарушение естественного баланса инфильтрации (в основном за счет утечек воды из городских водонесущих коммуникаций) и ухудшение подземного стока грунтовых вод (например, в результате засыпки долин мелких рек и ручьев, а также оврагов и балок, являющихся естественными дренами).

Следствием подтопления городских территорий являются затопление подвалов зданий и подземных коммуникаций, заболачивание отдельных территорий, повышение сейсмичности территории, снижение несущей способности грунтов, деформации зданий и сооружений, коррозия и разрушение подземных инженерных сетей и др.

Подтопленными считаются территории, для нормального использования которых требуются мероприятия по понижению уровня подземных вод и другие защитные мероприятия и считаются неподтопленными, если для данного вида их использования подобных мероприятий не требуется.

На территории города Москвы большинство подземных коммуникаций, подвальных помещений зданий и сооружений расположено не глубже 3 м от поверхности земли. В связи с этим в региональном плане подтопленными считаются территории с глубиной залегания уровня грунтовых вод 1-3 м. Участки с глубиной залегания уровня грунтовых вод менее 1 м относятся к заболоченным территориям. Неподтопленные территории характеризуются в региональном плане залеганием уровня грунтовых вод глубже 5 м.

В настоящий момент более 30 % территории города Москвы находится в постоянно подтопленном состоянии и до 25 % городской территории периодически подтапливается грунтовыми водами (Рис.9.)

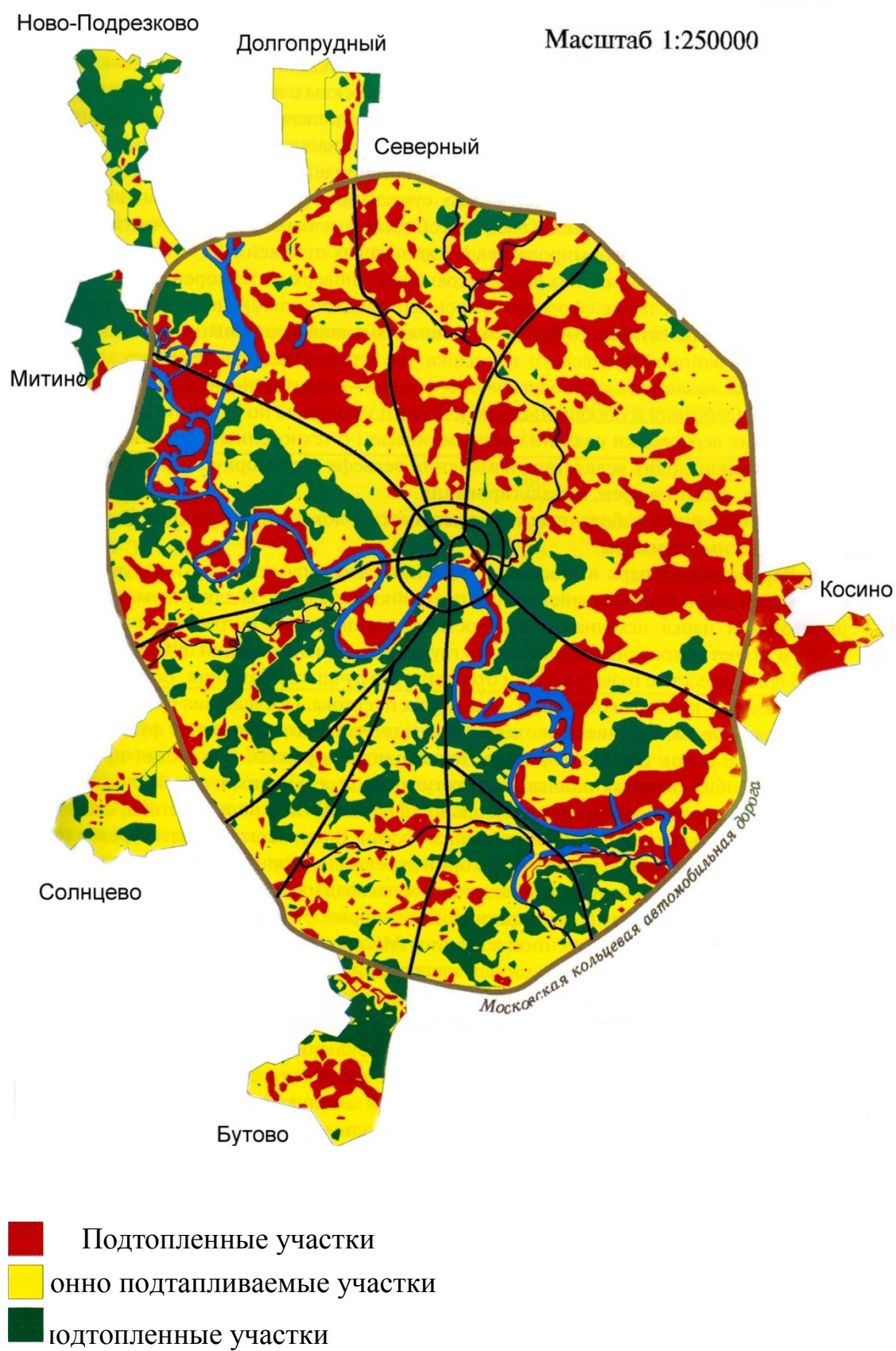


Рис.9. Карта подтопления территории г. Москвы
(составил И.С. Пашковский, 1997).

Оседание земной поверхности в известной мере продолжает тектонические движения земной коры в прошлые геологические эпохи и активизируется рядом техногенных причин – уплотнением грунтов в основании зданий и сооружений под влиянием статических и динамических нагрузок; длительными откачками подземных вод из безнапорных и напорных водоносных горизонтов, приводящими к образованию депрессионных воронок и изменению напряженно-деформированного состояния массива пород; деформациями земной поверхности в связи с подработками территории различными подземными выработками.

Наибольшую скорость опускания имеет северо-восточный блок (участок территории города) – до 2 мм/год; наименьшую – западный и северо-западный – менее 1 мм/год. В пределах долины реки Москвы наблюдается возрастание этих скоростей: в 1948-1959 гг. фиксировались 0,7-1,8 мм/год, в 1959-1973 гг. уже 1,5-3,9 мм/год. За период с 1957 г. по 1978 г. общее опускание земной поверхности на отдельных участках территории города достигло 60 мм и более.

Большую опасность для подземного строительства и эксплуатации надземных зданий и сооружений представляют погребенные древние эрозионные врезы (Рис. 10), характеризующиеся планово-высотной изменчивостью литологического состава заполняющих их отложений, наличием отдельных линз, участков, прослоев пород, которые при вскрытии переходят в плавунное состояние. На территориях приуроченных к древним эрозионным врезам имеются возможности для развития суффозии и образования провалов на поверхности (Рис. 11), а также оползней на склонах.

Ю-ЮЗ

С-СВ

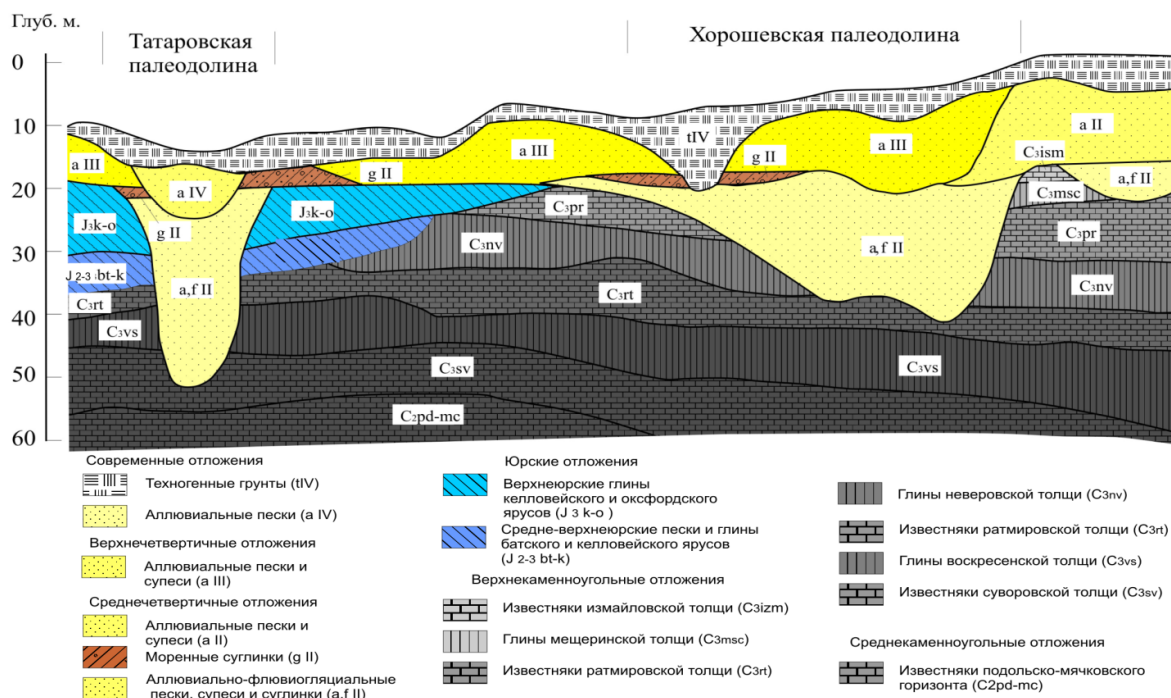


Рис. 10. Геологический разрез центра г. Москвы от улицы Воздвиженка до Комсомольского проспекта (составили Кутепов В.М. и др., 2008)

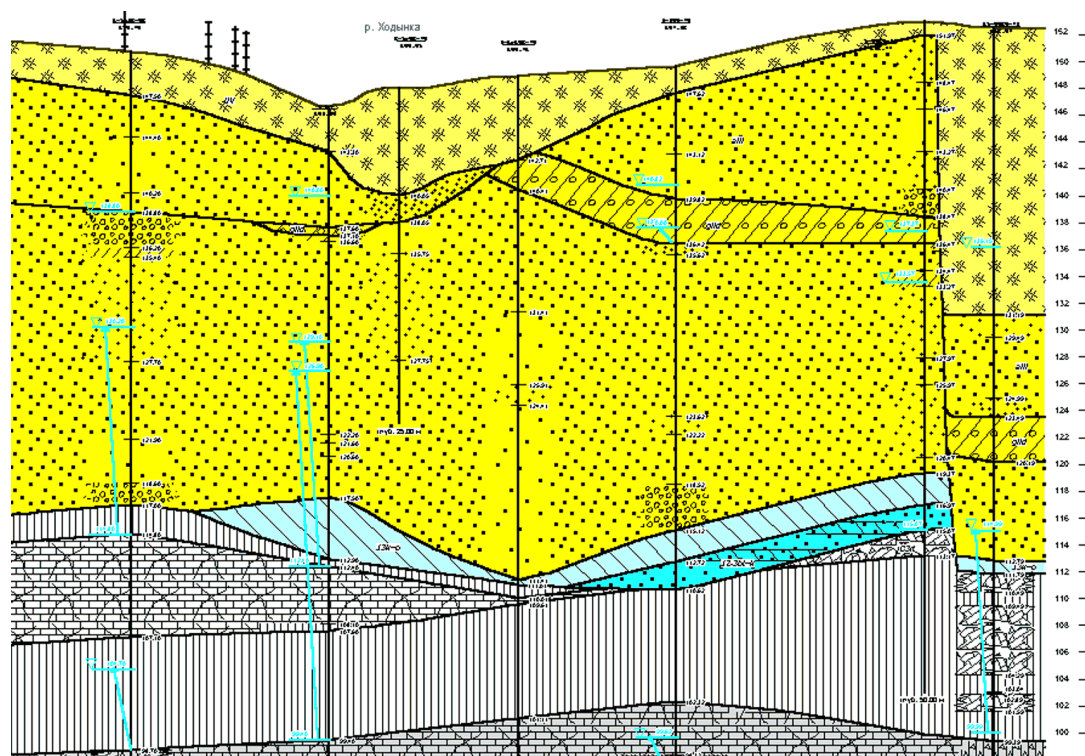


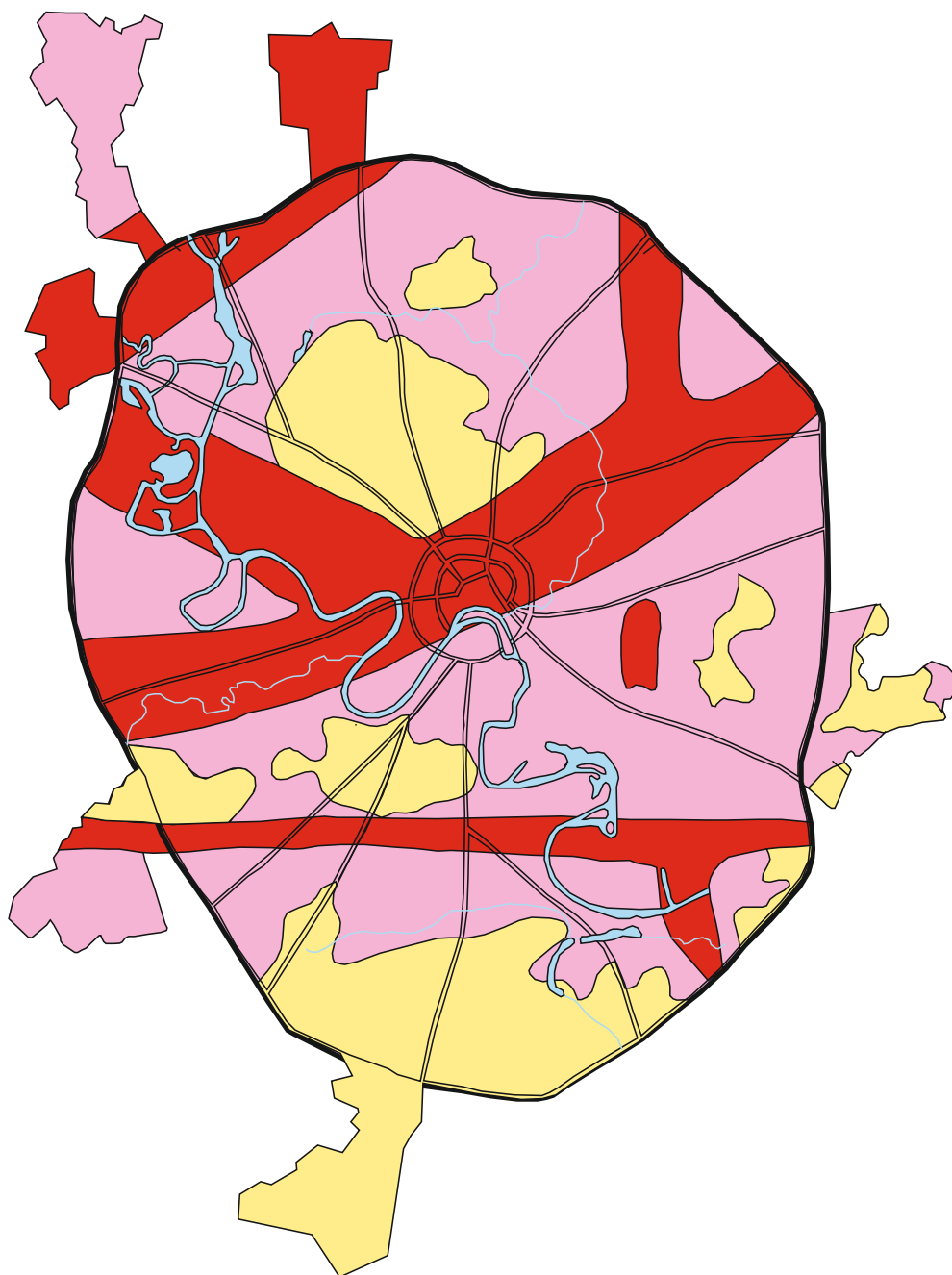
Рис. 11. Геологический разрез в районе Хорошевского шоссе (справа – карстовая воронка) (по В.М. Кутепову, В.Н. Кожевниковой и др., 2001)

Наиболее опасными в пределах Москвы считаются *карст и карстово-суффозионные процессы*.

Карстовые и тесно связанные с ними суффозионные процессы развиваются в результате геологической деятельности подземных вод и относятся к опасным трудно прогнозируемым процессам. Развитие этих процессов приводит к разуплотнению грунтовых толщ, образованию пустот, провалов и оседанию отдельных участков земной поверхности.

Карстовые формы на территории города Москвы связаны с наличием в геологическом разрезе мощной толщи (более 300 м) растворимых и водопроницаемых карбонатных пород каменноугольного возраста. Они, как правило, залегают на глубине нескольких десятков метров под толщей мезо-кайнозойских образований. Развитие карста в каменноугольных отложениях представляет длительный и сложный процесс, происходивший в геологическое время, обусловленный особенностями геологического и гидрогеологического развития территории. Наиболее интенсивно закарстованы верхне- и среднекаменноугольные карбонатные породы, особенно находящиеся в области унаследованного развития речных долин. Имеются крупные полости внутри массива и воронкообразные понижения на поверхности растворимых пород. Характер и степень пораженности карстом меняется по площади и по глубине. Повышенная закарстованность пород до глубин 80-85 м наблюдается в пределах зон повышенной трещиноватости.

Особое значение имеют данные об области распространения карстовой и карстово-суффозионной опасности. Практически в каждом административном округе города имеются карстоопасные зоны, которые особо значимы для подземных сооружений глубокого заложения, попадающих в толщу карбонатных пород или когда эти породы оказываются в пределах активной сжимаемой зоны и области влияния вышерасположенных сооружений. Значительна также площадь распространения зон с карстово-суффозионной опасностью, актуальная для зданий и сооружений даже сравнительно неглубокого заложения. Карта карстовой опасности на территории г. Москвы представлена на рис. 12, карта карстово-суффозионной опасности на территории г. Москвы – на рис. 13.



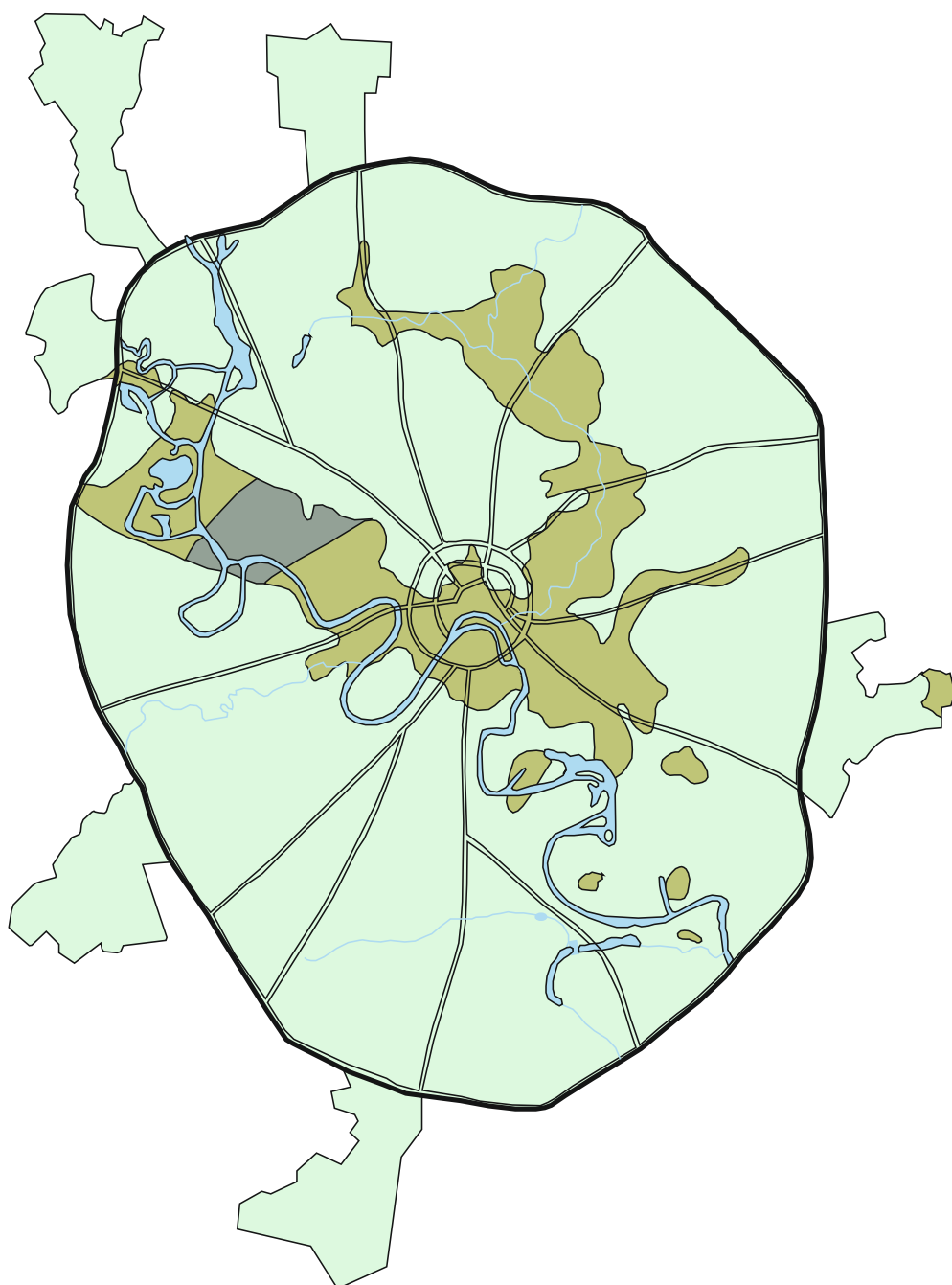
Категории карстовой опасности:

■ - весьма опасная

■ - опасная

■ - малоопасная

Рис. 12. Карта карстовой опасности на территории г. Москвы
(составили Кутепов В.М., Н.Г. Анисимова, И.А. Кожевникова, И.В. Козлякова, М.М. Максимов, В.С. Саянов, 1996).



Категории карстово-суффозионной опасности:

- весьма опасная
- опасная
- малоопасная

Рис. 13. Карта карстово-суффозионной опасности на территории г. Москвы
(составили Кутепов В.М., Н.Г. Анисимова, И.А. Кожевникова, И.В. Козлякова, М.М. Максимов, В.С. Саянов, 1996).

Оползни, несмотря на их локальное распространение и приуроченность к склоновым участкам, представляют серьезные осложнения для строительства. Это касается как глубоких оползней (глубина захвата пород до 100 м с площадью развития до 1 км²), так и для поверхностных, мелких оползней с глубиной захвата пород 1-5 м, реже 10 м. Особую опасность представляет техногенное инициирование оползневых процессов, в том числе по склонам речных долин и строительных выемок.

Эрозионные процессы (плоскостная, овражная, речная эрозия и абразия на водохранилищах) распространены на территории Москвы достаточно широко, однако не имеют особого существенного геотехнического значения.

Суффозионные процессы природного происхождения на территории Москвы встречаются крайне редко, например, на крутых склонах долины реки Чертановки и ее притоков в Битцевском лесопарке. Вместе с тем, в практике строительства необходимо учитывать, что многие разновидности аллювиальных, флювиогляциальных, а также коренных меловых и юрских песков являются суффозионно-неустойчивыми. К таковым относятся и многие техногенные отложения.

При определенных гидродинамических условиях в суффозионный процесс могут вовлекаться некоторые пылевато-глинистые породы и элювий каменноугольных отложений.

Существенные осложнения в строительстве представляют проявления *пльвинности* тиксотропных песчано-алевритовых пород, находящихся в водонасыщенном состоянии. Пльвинно-неустойчивыми грунтами принято считать, прежде всего, мелкие и пылеватые водонасыщенные пески, которые при вскрытии горными выработками теряют устойчивость и поступают в свободные объемы, образуя так называемые «фильтрационные выпоры». Кроме песчаных грунтов, пльвинные свойства при определенных условиях, могут проявить супеси и даже суглинки, т.е. тонко дисперсные породы обладающие значительной гидрофильностью и низкой водопроницаемостью. Главной причиной проявления у песчаных грунтов пльвинных свойств, является давление подземных вод, обусловленное гидродинамическим градиентом при вскрытии пласта. Среди пльвинных встречаются и четвертичные, и коренные (титонского яруса верхней юры) породы. Негативное влияние пльвинов на строительные работы и деформации существующих зданий при вытекании пльвинов в строительные выемки зафиксированы во многих районах города, как при строительстве метро, так и при строительстве гражданских зданий и сооружений относительно неглубокого заложения.

Морозное пучение широко развито на территории Москвы и проявляется главным образом в виде нарушений асфальтового покрытия автомобильных дорог (вследствие образования пучин внутри дорожного покрытия), выпучивания легких фундаментов, столбов, опор и мачт линий электропередач и связи. Морозное пучение развивается за счет изменений структуры глинистых, пылеватых и мелкопесчаных грунтов при их замерзании, когда объем грунта увеличивается на 10-12 %.

Инженерно-геологические условия территории города Москвы

В пределах территории Москвы, инженерно-геологические условия отличаются значительным разнообразием, изменяясь от простых и благоприятных до весьма сложных, неблагоприятных с высокой вероятностью проявления опасных геологических процессов и негативных геоэкологических изменений. На основании работ, выполненных в период 1983-1984 годов коллективом авторов под руководством Г.А. Голодковской, в пределах Москвы выделено четыре инженерно-геологические области – А, Б, В и Г. Детальное описание каждой из них приведено во многих работах. В основу инженерно-геологического районирования территории Москвы были положены, главным образом, данные об особенностях мезозой-кайнозойской толщи и, особенно, отложений четвертичного возраста, являющихся основанием большинства построенных зданий и сооружений.

На рис. 14 представлена схема инженерно-геологического районирования территории Москвы, с нанесенными на нее объектами исследований, и характерные типы строения геологической среды в пределах выделенных областей (районов). Ниже приведена краткая характеристика указанных областей.

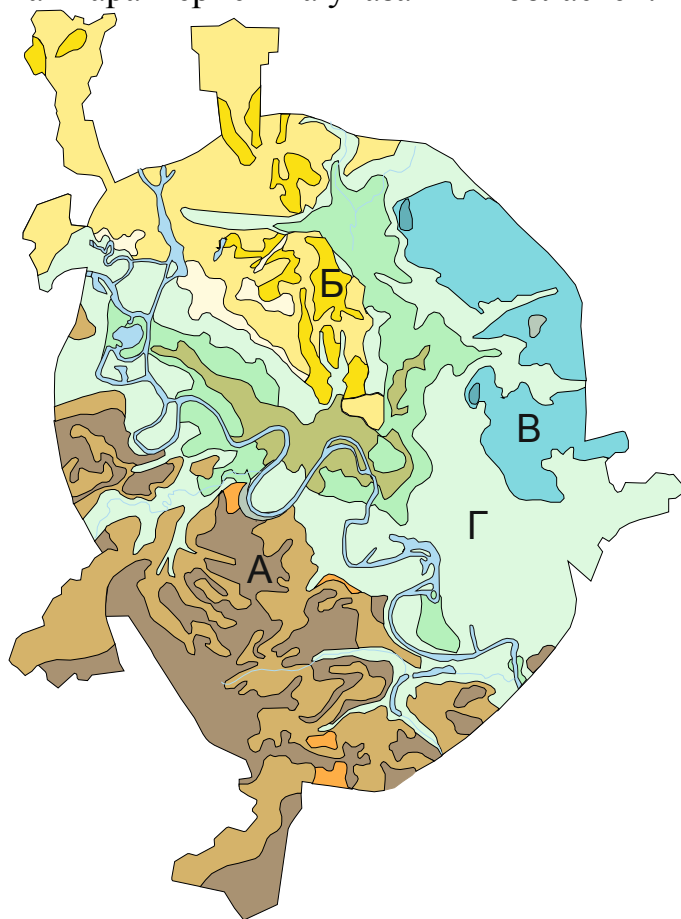


Рис. 14. Схема инженерно-геологического районирования территории г. Москвы и типы строения геологической среды (составили Г.А. Голодковская, Н.И. Лебедева, 1984).

Инженерно-геологическая область «А» занимает западную, юго-западную и южную часть города, практически целиком захватывая Юго-Западный, а также частично Западный и Южный административные округа. Эта территория умеренных новейших тектонических движений с преобладанием устойчивых поднятий. В ее пределах развиты высокие моренные возвышенности и пологие флювиогляциальные равнины. Абсолютные отметки местности в пределах наиболее высоких Кунцевской и Теплостанской возвышенностей достигают 250 м. Характерными чертами данной области являются: сильно расчлененный рельеф; маломощный чехол четвертичных отложений (от 5-10 до 20 м) и значительная толща нижнемеловых и верхнеюрских отложений; большая глубина кровли подстилающих их каменноугольных трещиноватых и закарстованных пород; отсутствие гидравлической связи между надъюрскими и каменноугольными водоносными горизонтами; достаточно глубокое залегание грунтовых вод на водоразделах (до 20-30 м), сравнительно небольшая площадь подтопления (порядка 30%); приуроченность максимальной мощности техногенных отложений к засыпанным оврагам, руслам малых рек и ручьев (до 6-10 м), на остальной территории – не более 1-3 м.

В целом, данная область оценивается как благоприятная для строительства, однако, необходимо учитывать наличие следующих осложняющих геологических процессов: овражной эрозии, плоскостного смыва и оползней; линейной суффозии вдоль засыпанных водотоков (негативное влияние ликвидации овражно-балочной сети и планировки склонов); подтопление территории, чему способствует близкое залегание водоупорных слоев морен московского и днепровского циклов оледенения; карста в локальных зонах при строительстве подземных сооружений глубокого заложения. При определенных условиях. При определенных условиях меловые пески склонны к проявлению плавунных свойств, что существенно осложняет подземное строительство в описываемой области. Неровная кровля морен, различная глубина залегания плотных флювиогляциальных песков и нижнемеловых песков с прослоями песчаников требует внимательного отношения к обоснованию глубины погружения свай в случае применения этого типа фундаментов.

Инженерно-геологическая область «Б» занимает северо-западную и северную части города, охватывая значительную часть Северного и частично Северо-Восточного, Северо-Западного и Центрального АО. Эта территория относительно слабых проявлений новейших тектонических поднятий. Она представляет собой пологоволнистую моренно-флювиогляциальную равнину, с абсолютными отметками 165÷185 м. Отличительными чертами данной области являются: слабо расчлененный рельеф; значительный по мощности покров четвертичных отложений, представленный, в основном днепровской мореной и подстилающими флювиогляциальными песками; полное отсутствие размытых верхнемеловых отложений, наличие на отдельных участках отложений нижнего мела и заметное снижение или отсутствие верхнеюрских песков и алевроитов верхневолжского яруса; сравнительно неглубокое залегание кровли каменноугольных пород (не более 40-60 м); наличие сложной гидравлической связи между отдельными водоносными

горизонтами мезокайнозойского комплекса и близкое к поверхности залегание грунтовых вод (2-3 м, местами 3-10 м); значительная площадь подтопления территории (25÷47 %), возрастающая в восточном направлении. Среди покровных образований большую площадь занимают техногенные отложения, мощностью 3-10 м; широкое распространение к северу от долины р. Лихоборки имеют верхнечетвертичные и современные озерно-болотные и болотные отложения, относимые к слабым грунтам (илы, торф и заторфованные грунты), имеющие неоднородное строение и заметную изменчивость состава по простираению.

В целом, область «Б» оценивается как достаточно благоприятная для строительства. Определенные проблемы представляют: отмеченные слабые грунты; неоднородность состава и свойств техногенных грунтов; развивающееся подтопление, которое охватит 41÷58 % территории; локальное расположение в северо-западной части области зоны карстовой опасности для сооружений глубокого заложения. С указанной спецификой покровного чехла связано достаточно большое количество деформаций здания и сооружений.

Инженерно-геологическая область «В» занимает восточную и северо-восточную части города, охватывая в основном, Восточный и, частично, Северо-Восточный и Юго-Восточный административные округа Москвы. Эта территория весьма слабых новейших тектонических движений с преобладанием поднятий. В ее пределах развиты зандровые равнины с останцами моренных холмов. Абсолютные отметки местности не превышают 150÷165 м. Характерными чертами области являются: практически плоский слабо расчлененный рельеф; наиболее однородное, по сравнению с другими областями, строение четвертичных отложений, общей мощностью 10÷30 м, представленного повсеместно надморенными и подморенными песками с разделяющей их мореной московского оледенения (на отдельных участках она отсутствует); маломощная толща юрских глин келловей-оксфордского ярусов (верхневолжские пески практически отсутствуют); залегание кровли карбонатных пород на глубинах от 40 до 60 м; слабая дренированность территории; весьма близкое залегание грунтовых вод (от 2-5 м, реже до 10 м), их гидравлическая связь с флювиогляциальным водоносным горизонтом; наибольшая по Москве площадь подтопления – 80 %.

Строительство в пределах данной области осложнено отмеченными гидрогеологическими условиями, а также наличием техногенных грунтов, достигающих максимальной мощности 6 м в районе станции метро «Щелковская». Зарегистрированные на рассматриваемой территории случаи деформаций зданий объясняются, главным образом, неравномерной сжимаемостью природных и техногенных грунтов, нарушением их свойств при ведении открытого водоотлива, проходкой котлованов и траншей, вблизи существующих зданий, иногда с развитием морозного пучения и проявлением плавунных свойств грунтов. Учитывая намечающуюся тенденцию развития подземного строительства в Москве, в данной области не исключены осложнения, связанные с выявленной в последнее время карстовой опасностью в северо-северо-восточной части этой области.

Инженерно-геологическая область «Г» занимает почти треть территории города, приурочена к долинам рек Москвы, Яузы и их притоков и охватывает все

административные округа города. Эта область характеризуется наиболее сложными инженерно-геологическими условиями в связи с особенностями геологического строения, гидрогеологической и геодинамической обстановкой. Её отличительными чертами являются: значительная площадь участков с полным отсутствием или значительным размывом мезозойских отложений, в том числе водоупорных юрских глин (лишь в редких локальных зонах мощность мезозойских пород достигает 50 м); наличие погребенных доледниковых долин, переуглубленных на 10-30 м по сравнению с современными речными, сложенных преимущественно аллювиальными и, местами, ледниковыми и озерно-ледниковыми отложениями; наличие на многих участках прямого контакта верхней песчаной толщи с трещиноватыми и закарстованными породами карбона; тесная гидравлическая взаимосвязь всех водоносных горизонтов, в том числе четвертичного и каменноугольного комплексов; на отдельных участках фиксируются повышенные значения перепадов уровней безнапорных и напорных вод, а также значений градиента вертикальной фильтрации (в зоне малой мощности маловодопроницаемых юрских глин оксфорского яруса); широкое развитие карста, карстово-суффозионных и суффозионных процессов, связанных с нисходящей фильтрацией природных и техногенных вод; заметное развитие глубоких и мелких оползней, а также оседания поверхности в связи с отмеченными выше тектоническими и техногенными причинами; мощность техногенных отложений на отдельных участках превышает 10 м.

В целом, условия строительства в пределах области «Г» оцениваются как сложные и весьма сложные. Именно эта инженерно-геологическая область территории города относится к зонам наиболее высокого геологического риска (выделяются категории чрезвычайно опасные, весьма опасные и опасные). Здесь, в существенно большей мере, чем в других областях сказывается влияние техногенного изменения геологической среды, наиболее интенсивно проявляются разнообразные техногенные нагрузки, наблюдаются в больших масштабах деформации зданий и сооружений, многочисленные осложнения в ходе ведения строительства новых и реконструкции существующих объектов.

II.2. Требования предъявляемые к организации и проведению рекогносцировочного маршрута

В ходе геологической практики учебная студенческая группы с преподавателем проводит реконсцировочный маршрут по территории г. Москвы с целью ознакомления с геологическим строением участка и выбрать место для заданного сооружения. По площади изучаемой в процессе маршрута территории, составу выполняемых работ, в том числе и последующих камеральных, это реконсцировочное обследование ближе к инженерно-геологической съёмке.

Инженерно-геологическая съёмка – это маршрутное обследование более или менее значительной площади застройки, как бы множество пересекающихся маршрутов реконсцировки. В результате съёмки составляют карту инженерно-

геологического районирования местности, карту инженерно-геологических условий, часто сопровождаемые рядом специальных карт, на которых показаны места проявления опасных геологических процессов, геоморфологические элементы рельефа местности, сведения о подземных водах и другие специфические данные актуальные для рассматриваемого участка. Карта инженерно-геологических условий – отображение на топографической основе мест проявления различных геологических факторов, определяющих условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений, а именно показ площадей распространения слабых грунтов, участков подтопленных подземными водами, оползневых блоков, карстовых воронок и площадей потенциально опасных по оползням, карсту и т.п. Карта инженерно-геологического районирования представляет собой топографический план местности, на котором вся территория разделена на районы, относительно однородные по инженерно-геологическим условиям строительства данного типа сооружений. Районы различаются теми трудностями, с которыми строители столкнутся при освоении. По степени сложности строительства районам присваивается одна из трёх категорий: простой, средней сложности, сложный. Количество районов на карте может значительно превышать три, так как в сложных районах трудности освоения могут быть разной природы. Маршрут в ходе геологической практики можно рассматривать, как один из съёмочных маршрутов.

Целью учебного маршрута является знакомство с геологическими особенностями участка и проведение их оценки в связи с предполагаемой комплексной застройкой данной территории. Накануне проведения маршрута преподаватель договаривается с группой о времени и месте сбора. Опоздание к прибытию к месту сбора для проведения маршрута не допускается.

Обычно протяжённость учебного маршрута составляет 3-4 км. Продолжительность прохождения маршрута во многом зависит от дисциплины студентов, строгого выполнения требований преподавателя, активной работы каждого члена бригады и материально-технической оснащённости бригады.

Для работы в маршруте бригаде необходимо иметь распечатанные из данного пособия карты по маршруту, бланки профилей для построения разрезов, несколько листов А4, блокноты по числу студентов для ведения дневника каждым студентом, небольшую лопату для зачисток обнажений при отборе проб грунта, складной метр или рулетку для измерений мощности слоёв и других измерений, мерный сосуд ёмкостью до 1 л, чтобы в него свободно вливалась струя воды, часы с секундной стрелкой, карандаши, шариковые ручки, линейки, пакетики небольшого размера для 20-25 образцов или другую тару, фотоаппарат. В каждой бригаде должны быть подготовлены этикетки для документации отбираемых образцов грунта. Этикетка должна быть небольшого размера и содержать следующие позиции: номер образца, место отбора, наименование грунта, геологический индекс, дата отбора, Ф.И.О. отобравшего образец.

Требования, предъявляемые к одежде и обуви участников маршрута приведены в разделе I.2.2.

В процессе прохождения маршрута бригады выполняют следующие виды работ:

1. По ходу маршрута отмечают путь и все точки наблюдений на карте.

2. В точках наблюдений каждый студент ведёт свой личный полевой дневник с описанием геологической ситуации, соответствующими зарисовками обнажений (рис. 15) или схемами разрезов, с указанием мест отбора проб грунта и их описанием. Описание наблюдений ведётся студентом со слов преподавателя или по собственному восприятию ситуации.

3. В точках наблюдений, где имеются естественные обнажения каждая бригада проводит зачистку склона сверху вниз и из вскрытых разновидностей грунтов отбирают образцы объёмом 100-150 см³ с заполнением этикетки. Этикетка должна быть вложена к образцу отобранного грунта, но при этом она не должна намочнуть и не испачкаться. Для этого породу кладут в один пакет, а в другой – породу в пакете и этикетку. Пакеты должны быть завязаны. При этом каждый член бригады должен у себя в полевом дневнике сделать отметку об отборе пробы (рис. 15).

4. В точках наблюдений за развитием геологических процессов каждый студент делает зарисовку или схематический геологический разрез (рис 16) с пояснениями причин развития в данном месте того или иного процесса.

5. В местах выхода на поверхность подземных вод каждый член бригады фиксирует наличие горизонта, составляет схему-разрез его присутствия в месте наблюдения, с указанием состава водовмещающих пород, водоупора и т.д. Бригада должна измерить дебит источника, т.е. определить с помощью мерного сосуда и секундомера количество воды, истекающей за единицу времени.

6. Преподаватель может выдать бригаде линию для построения в процессе прохождения маршрута геологического разреза или его построения при камеральной обработке по полевым дневникам.

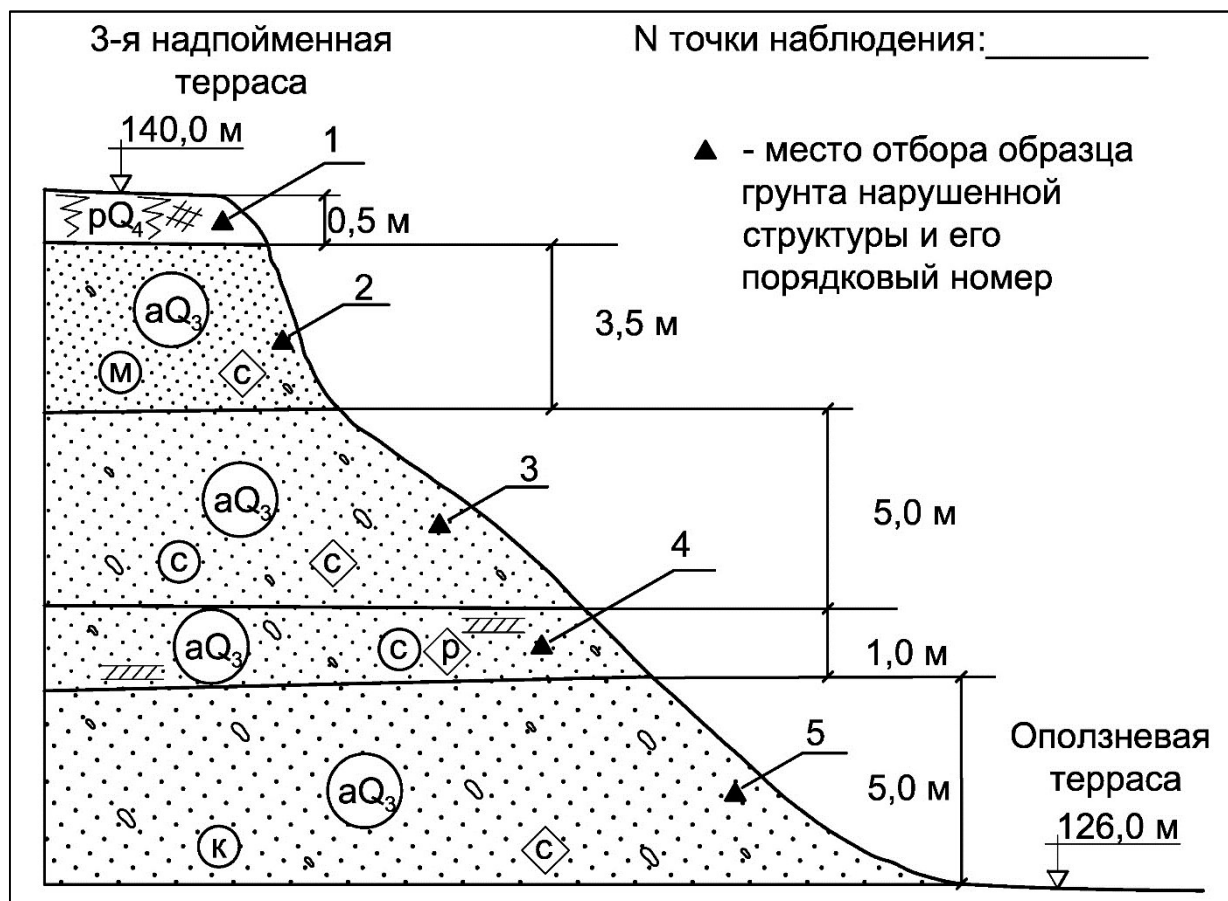


Рис. 15. Пример зарисовки обнажения склона с указанием мест отбора образцов грунта.

Все виды работ, выполняемые при прохождении маршрута, а также фиксируемые геологические факты на точках наблюдений или при переходе от одной точки к другой должны быть фотозадокументированы. В полевом дневнике должно быть отражено место, где делалось фотографирование той или иной ситуации с её комментированием. Для оценки размера, зафиксированного на фотоматериале, в кадре должен присутствовать складной метр, линейка или другой предмет с известными размерами. Наличие фотодокументов позволит проиллюстрировать текстовую часть отчёта на практике.

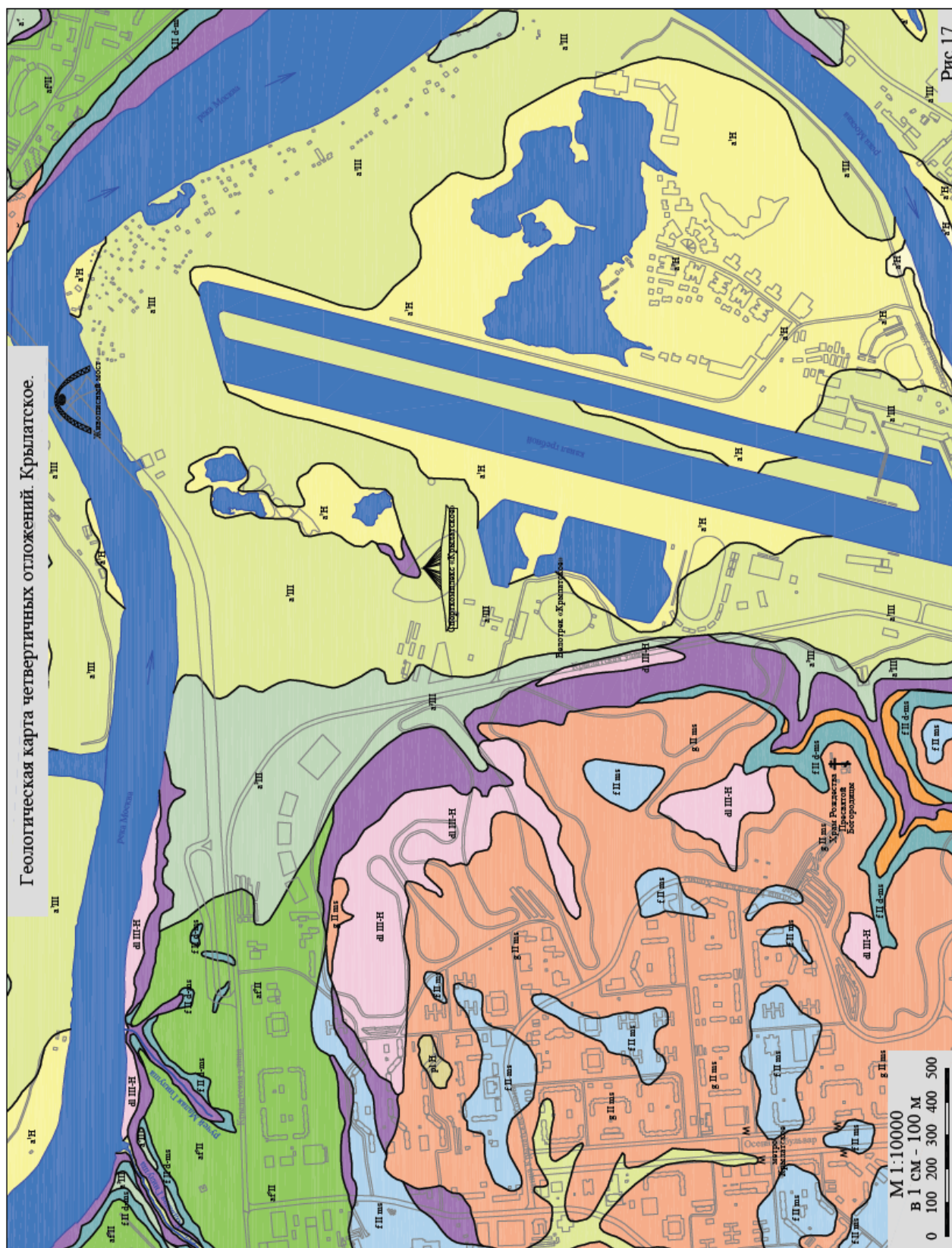
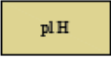
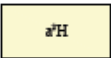
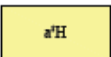
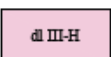
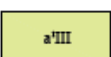
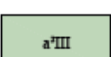
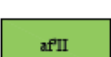
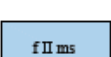
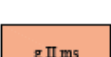
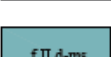
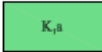
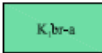
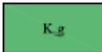
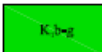
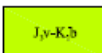
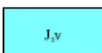
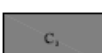


Рис. 17

Условные обозначения к геологической карте четвертичных отложений

	- Голоцен, болотные отложения. Торф, суглинки.
	- Голоцен, аллювиальные отложения низкой поймы. Пески, супеси, суглинки, глины, гравийники.
	- Голоцен, аллювиальные отложения высокой поймы. Пески, суглинки, галечники, торф.
	- Голоцен и верхнее звено неоплейстоцена, деляпсий (оползневые отложения). Оползни и обвалы смешанного состава.
	- Неоплейстоцен, верхнее звено, аллювиальные отложения 1-й надпойменной террасы. Пески, супеси, суглинки, глины.
	- Неоплейстоцен, верхнее звено, аллювиальные отложения 2-й надпойменной террасы. Пески с гравием и галькой, суглинки.
	- Неоплейстоцен, среднее звено, аллювиально-флювиогляциальные отложения 3-й надпойменной террасы. Пески с гравием и галькой, суглинки.
	- Неоплейстоцен, среднее звено, московский горизонт, флювиогляциальные отложения времени отступления ледника. Пески, супеси, суглинки, глины.
	- Неоплейстоцен, среднее звено, московский горизонт, ледниковые отложения - морена. Суглинки и глины с гравием и галькой, валунами.
	- Неоплейстоцен, среднее звено, донской - московский горизонты, флювиогляциальные отложения. Пески, супеси, суглинки, глины.
	- Неоплейстоцен, среднее звено, донской горизонт, ледниковые отложения морена. Суглинки и глины с гравием и галькой, валунами.
	- дочетвертичные отложения
	- реки, ручьи, озера
	- улицы
	- геологические границы

**Условные обозначения
к геологической карте дочетвертичных отложений**

	- Меловая система, нижний отдел, аптский ярус. Пески глинистые, мелкозернистые с прослойками глин; глины алевроитовые с прослойками песков.
	- Меловая система, нижний отдел, барремский и аптский ярус, объединенные. Пески мелкозернистые, с линзами песчаников и прослойками глин.
	- Меловая система, нижний отдел, готеривский ярус. Глины алевроитовые и алевроиты глинистые, плотные с тонкими линзами и гнездами песков.
	- Меловая система, нижний отдел, берриаский и готеривский ярус, объединенные. Пески и песчаники разнозернистые, ожелезненные, алевроиты слабоглинистые, сильно слюдистые
	- Юрская система, верхний отдел, волжский регионарус и меловая система, нижний отдел, берриаский ярус, объединенные. Пески глинистые, тонко- и мелкозернистые, прослои глинистых алевроитов.
	- Юрская система, верхний отдел, волжский регионарус. Глинистые алевроиты, тонкопесчаные супеси, сильно слюдистые, пески глинистые, мелкозернистые.
	- Юрская система, верхний отдел, киммерджийский и оксфордский ярус. Глины алевроитистые, известковые.
	- Юрская система, средний отдел, келловейский ярус. Опесчаненные глины и глинистые пески разнозернистые, известковые, с прослоями песчаного мергеля, алевроиты песчано-глинистые.
	- Юрская система, средний отдел, батский ярус. Глины алевроитовые с прослойками песков, пески от тонко- до среднезернистых.
	- Камменоугольная система, верхний отдел. Известняки, мергели, глины, доломиты.
	- реки, ручьи, озера
	- улицы
	- геологические границы

В 100 м. на север прослеживается овраг V образной формы, глубина его до 3 м, ширина по верху 5 м, борта слабо задернованы. Происхождение оврага связано с процессом плоскостной эрозии, где талые воды соединяются в единый водоток и размывают её всё глубже и глубже. Склоны оврага сложены водно-ледниковыми отложениями (fgQ^{dn-m}), они представлены песками бурого цвета, разнозернистыми, средней плотности, влажные с глубинной водонасыщенностью. Пески не однородные, плохо отсортированные, с включением обломочного материала (щебень) кристаллических горных пород до 20 %. Видимая мощность 5-6 м. В этих отложениях на глубине 3,5-4 м. от поверхности находится подземный водоносный горизонт, грунтового типа, безнапорный, питание осуществляется атмосферными

осадками, водовмещающими отложениями являются водно-ледниковые пески, а водоупором - верхнемеловые песчаники аптского яруса (K_1 ap).

Далее движемся по оврагу приблизительно 100 м. Глубина оврага здесь достигает 10 м., ширина по верху 15 м, борта крутые, частично задернованы, частично обнажены. Здесь мы видим контакт между водно-ледниковыми отложениями (fgQ^{dn-m}) и нижемеловыми отложениями аптского яруса (K_1 ap). Меловые отложения представлены белыми песками, плотными, с глубиной сцементированные, мелко-зернистые, разбитые литогенетическими трещинами. Ниже-пески желтые, местами глинистые, сильно ожелезненные. В минеральном составе присутствует кварц, кислый плагиоклаз, глауконит, лимонит, мусковит и другие. Видимая мощность составляет 10-12 м.

Маршрут продолжается по оврагу и выходим на 3 надпойменную террасу р. Москвы. Доходим до автодороги, налево до подземного перехода (1 км) и идём к оврагу Гнилуша, который прорезает 3 надпойменную террасу. Сначала изучаем морфометрические характеристики оврага: V –образной формы глубиной до 35 м, склоны крутые, оползневые, задернованы, залесены, деревья саблевидной формы. Внизу имеется ручей, где осуществляется разгрузка грунтовых вод через многочисленные родники. Абсолютные отметки поверхности 3 надпойменной террасы от 140 до 160 м. Поверхность слабо наклонена в сторону реки. Полностью покрыта почвенно-растительным слоем, имеются различные кусты и деревья. Геологическое строение 3 надпойменной террасы: под почвенно-растительным слоем мощностью 10-20 см, залегают нерасчленённые аллювиальные и водно-ледниковые отложения ($a-fQ_3$) представленные песками желтовато-серого цвета, средне и мелкозернистые, с включением до 10-15 % гравия и щебня, неоднородные, неотсортированные, средней плотности, маловлажные, видимая мощность до 5 м. Ниже со стратиграфическим несогласием залегают коренные горные породы мелового периода неокомского яруса (K_1 nc). Под названием неоком объединены отложения трёх ярусов, бериаса, готерива, баррема, которые показаны отдельно на рис.6. Они представлены мелкими песками рыжего цвета. Пески однородные, плотного сложения, маловлажные с глубиной становятся водонасыщенными. В минеральном составе преобладает кварц, ортоклаз, а так же кислый плагиоклаз, средний плагиоклаз, биотит, глауконит, мусковит и др. Видимая мощность составляет примерно 10-15 м.

Глубже залегают верхнеюрские отложения титонского яруса (J_3 tt). Они представлены мелкими песками чёрного и тёмно-серого цвета с тёмно-зелёным оттенком, плотные и средней плотности, влажные с глубиной становятся насыщенными, однородные, отсортированные. В минеральном составе преобладает кварц, а так же присутствует основной плагиоклаз, роговая обманка, глауконит (зелёный оттенок) слюды и др. В этих отложениях встречается фауна аммонитов и белемнитов хорошей сохранности, подтверждающая юрский период. Видимая мощность верхнеюрских отложений в устье оврага «Гнилуша» составляет около 12-15 м. Завершают геологическое строение 3 надпойменной террасы чёрные глины верхнеюрского периода, которые являются водоупором.

Здесь можно наблюдать подземный водоносный горизонт грунтового типа, безнапорный, питание осуществляется за счёт атмосферных осадков, область питания совпадает с областью распространения, водовмещающими отложениями являются пески K_1nc и J_3tt , разгрузка наблюдается в тальвеге оврага Гнилуша через многочисленные родники и ключи. Водоупором подземного водоносного горизонта являются чёрные глины J_3tt . Мощность водоносного горизонта примерно 12-13 м.

Далее в 500 м. вниз по течению р. Москвы мы выходим к оползневому цирку. В рельефе отмечаем бугры и понижения, чётко прослеживаются три ступени, каждая ступень приблизительно длиной до 100 м, шириной до 15 м, высотой до 5 м. Оползневые ступени сложены нижнемеловыми отложениями неокомского возраста (K_1nc), которые представлены мелкими песками рыжего цвета. Между ступенями имеются понижения, где формируются заболоченные участки с характерной растительностью. Основными причинами образования оползней являются:

1. Выходы юрских чёрных глин у подножья высоких и крутых склонов (J_3tt).
2. Интенсивное выветривание склоновых отложений до рыхлого состояния.
3. Наличие водоносного горизонта грунтовых вод и их разгрузка.
4. Развитие процесса речной эрозии на правом берегу р. Москва.
5. Инженерная деятельность человека.

При переходе от оврага Гнилуша к оползневому цирку мы видим пятна (1-2 м) механической суффозии у подножья склонов речных террас, сложенных различными песками, где в местах выходов грунтовых подземных вод создаются большие градиенты фильтрации. На правом коренном берегу р. Москва прослеживаются многочисленные родники, большинство которых являются очагами развития механической суффозии. Эти пятна сильно ожежены. Местами присутствуют небольшие заболоченные участки.

Продолжается маршрут вниз по течению р. Москва и в 1,5 км мы постепенно переходим на 2 надпойменную террасу, цокольную по происхождению. Абсолютные отметки поверхности 2 надпойменной террасы от 130 м до 140 м. Протяженность в рассматриваемом створе 600-700 м. Поверхность ровная, плоская, полностью задернованная, имеются отдельные кусты и деревья.

Вторую надпойменную террасу пререзает овраг Безымянный, V-образной формы с пологими склонами, глубина оврага 10-15 м. Овраг имеет затухающий характер, борта его частично задернованы или обнажены, видны деревья саблевидной формы. Терраса сложена с поверхности аллювиальными отложениями, малой мощности (aQ_3): под почвенно-растительным слоем (0,1-0,2 м) залегает супесь серого цвета, средней плотности, слабо влажная, полутвёрдой концентрации, с включением гальки и гравия до 10 %, мощностью до 1 м. Ниже залегает песок средней крупности, серый, однородный, мощностью 1-1,5 м. Далее залегает гравийно-галечниковый прослой мощностью 0,5 м. Подстилают аллювиальные отложения пески неокомского яруса нижнемелового периода (K_1nc). Видимая мощность их 10-12 м. Гидрогеологические условия не выражены.

В маршруте рассматривается строение р. Москва в определённом створе. Долина реки асимметрична, так как на правом коренном берегу отсутствует первая надпойменная терраса.

Завершается маршрут на высокой пойме р. Москва – это вниз по течению реки приблизительно в 2 км от предыдущей точки. Поверхность высокой поймы ровная, слегка волнистая, полностью задернованная, слабо расчленена, видны отдельные деревья. Максимальная абсолютная отметка поверхности – 130 м, минимальная – 125 м, по происхождению высокая пойма-аккумулятивная, сложена полностью аллювиальными отложениями (аQ₄). В геологическом разрезе выделяются 3 слоя: под почвенно-растительным слоем 0,2-0,3 м залегает мелкий песок серого цвета, средней плотности, влажный, однородный, отсортированный, с включением гравия до 5 %, мощностью 1-1,5 м. Ниже залегает крупный песок до гравелистого, серовато-желтый, плотный, местами рыхлый, влажный с глубиной до водонасыщенного, неоднородный, не отсортированный, с включением до 10-15 % гравия, мощностью до 2-2,5 м; далее залегает гравийно-галечниковый горизонт, полностью водонасыщенный, мощностью до 1 м. Аллювиальные отложения подстилаются верхнеюрскими песками титонского яруса. В песках залегают воды безнапорного типа; источником питания для них являются атмосферные осадки. Область питания грунтовых вод совпадает с областью их распространения. Разгрузка осуществляется в р. Москва. Водоупором являются чёрные глины (J₃tt). Уровень грунтовых вод отмечается на глубине 2-3 м от поверхности земли.

II.3.2 Маршрут в районе Воробьёвых гор

Маршрут проходит по берегу Москвы реки от станции метро Ленинский проспект до станции метро Воробьёвы горы. В маршруте изучаем инженерно-геологические условия местности, относящейся к инженерно-геологическим районам «А» (Теплостанская возвышенность) и «Г» (речные долины) инженерно-геологической карты Москвы. Описываем геоморфологические условия территории, состав отложений по наблюдениям в обнажениях и по архивным данным, приведённым в книге «Москва. Геология и город», в данном методическом пособии (рис. 19, 20) и других источниках, по указанию преподавателя. Описываем выходы подземных вод, геологические процессы и некоторые сооружения, преимущественно те, которые своими деформациями свидетельствуют о протекающих геологических процессах. Анализируем генеральную планировку части города пройденной и видимой с Воробьёвых гор. Обращаем внимание на зависимость генплана от геоморфологических условий и мест проявления оползневых и эрозионных процессов.

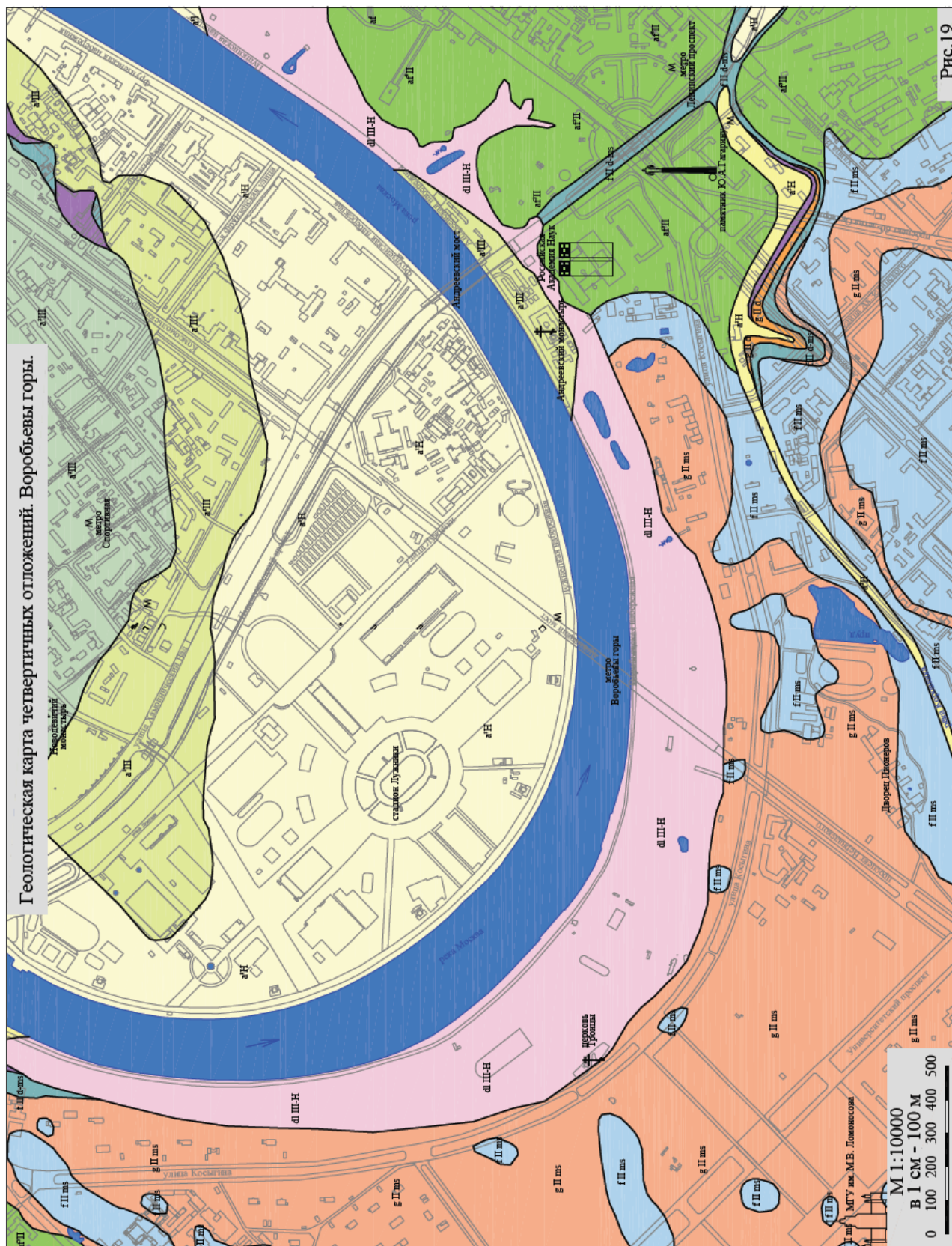
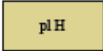
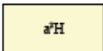
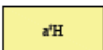
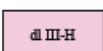
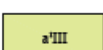
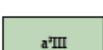
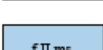


Рис. 19

Условные обозначения к геологической карте четвертичных отложений

	- Голоцен, болотные отложения. Торф, суглинки.
	- Голоцен, аллювиальные отложения низкой поймы. Пески, супеси, суглинки, глины, гравийники.
	- Голоцен, аллювиальные отложения высокой поймы. Пески, суглинки, галечники, торф.
	- Голоцен и верхнее звено неоплейстоцена, деляпсий (оползневые отложения). Оползни и обвалы смешанного состава.
	- Неоплейстоцен, верхнее звено, аллювиальные отложения 1-й надпойменной террасы. Пески, супеси, суглинки, глины.
	- Неоплейстоцен, верхнее звено, аллювиальные отложения 2-й надпойменной террасы. Пески с гравием и галькой, суглинки.
	- Неоплейстоцен, среднее звено, аллювиально-флювиогляциальные отложения 3-й надпойменной террасы. Пески с гравием и галькой, суглинки.
	- Неоплейстоцен, среднее звено, московский горизонт, флювиогляциальные отложения времени отступления ледника. Пески, супеси, суглинки, глины.
	- Неоплейстоцен, среднее звено, московский горизонт, ледниковые отложения - морена. Суглинки и глины с гравием и галькой, валунами.
	- Неоплейстоцен, среднее звено, донской - московский горизонты, флювиогляциальные отложения. Пески, супеси, суглинки, глины.
	- Неоплейстоцен, среднее звено, донской горизонт, ледниковые отложения морена. Суглинки и глины с гравием и галькой, валунами.
	- дочетвертичные отложения
	- реки, ручьи, озера
	- улицы
	- геологические границы

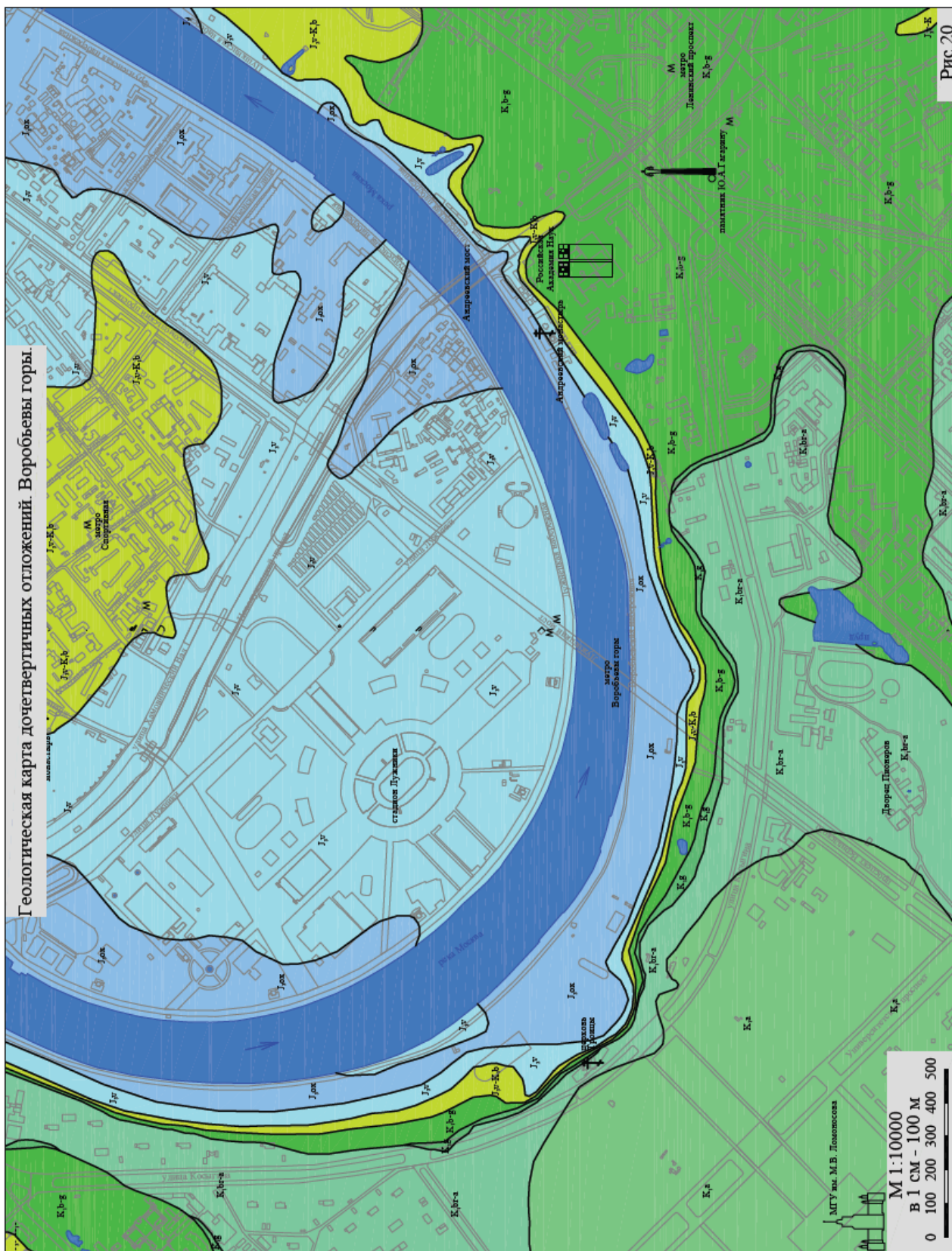
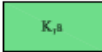
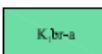
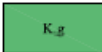
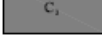
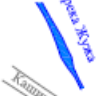


Рис. 20

Условные обозначения к геологической карте дочетвертичных отложений

	- Меловая система, нижний отдел, аптский ярус. Пески глинистые, мелкозернистые с прослойками глин; глины алевроитовые с прослойками песков.
	- Меловая система, нижний отдел, барремский и аптский ярус, объединенные. Пески мелкозернистые, с линзами песчаников и прослойками глин.
	- Меловая система, нижний отдел, готеривский ярус. Глины алевроитовые и алевроиты глинистые, плотные с тонкими линзами и гнездами песков.
	- Меловая система, нижний отдел, берриаский и готеривский ярус, объединенные. Пески и песчаники разномзернистые, железистые, алевроиты слабоглинистые, сильно слюдястые
	- Юрская система, верхний отдел, волжский регионарус и меловая система, нижний отдел, берриаский ярус, объединенные. Пески глинистые, тонко- и мелкозернистые, прослои глинистых алевроитов.
	- Юрская система, верхний отдел, волжский регионарус. Глинистые алевроиты, тонкопесчаные супеси, сильно слюдястые, пески глинистые, мелкозернистые.
	- Юрская система, верхний отдел, киммерджийский и оксфордский ярус. Глины алевроитовые, известковые.
	- Юрская система, средний отдел, келловейский ярус. Опесчаненные глины и глинистые пески разномзернистые, известковые, с прослоями песчаного мергеля, алевроиты песчано-глинистые.
	- Юрская система, средний отдел, батский ярус. Глины алевроитовые с прослойками песков, пески от тонко- до среднезернистых.
	- Камменноугольная система, верхний отдел. Известняки, мергели, глины, доломиты.
	- реки, ручьи, озера
	- улицы
	- геологические границы

По итогам маршрута студенты в отчёте представляют: 1) схему маршрута с указанием точек наблюдения; 2) геологические разрезы; 3) фотоиллюстрации маршрута; 4) коллекцию отобранных образцов грунтов.

Маршрут начинается у Площади Гагарина (северный выход из станции метро Ленинский проспект). Здесь можно видеть ровную поверхность III надпойменной террасы Москвы-реки, переходящую за пл. Гагарина в холмистую моренную равнину Теплостанской возвышенности. В этом месте проходил глубокий и длинный Андреевский овраг с ручьём по тальвегу, который питался от надюрского водоносного горизонта и, конечно, атмосферных осадков. О сооружениях этого места можно сказать следующее. В 1905-07 годах по оврагу была проложена окружная железная дорога. Мудрое инженерное решение позволило понизить мост

Андреевский Окружной железной дороги и тем не только сократить объём кладки быков моста, но и во много раз сократить объём земляных работ, которые тогда выполнялись вручную. Кроме того, дорога подошла к реке на участке разгруженном от напряжения берегового откоса и потому не подверженным оползням. В 2000-2003 гг. с трассой Окружной железной дороги совмещена трасса 3-го Транспортного кольца. Когда железная дорога проходила в открытой выемке, дома стоящие по правой (южной) стороне оврага испытывали деформации, следы которых можно видеть над проездными арками. Деформации были вызваны движением вниз грунтов крутого борта оврага при вибрации от проходивших товарных составов. После постройки 3-го Транспортного кольца деформации прекратились, так как туннели автодороги полностью заняли «выемку» Андреевского оврага и создали подпорную стенку для грунтов. К тому же туннель гасит вибрацию своей обделкой. В туннеле при необходимости устраиваются виброгасящие элементы.

Перейдя Ленинский проспект по одному из 2-х подземных переходов, мы попадаем в Нескучный Сад – городской парк на берегу Москвы-реки, названный по одноимённому дворцу Екатерининской эпохи. Здесь обращает на себя внимание почти горизонтальная поверхность III надпойменной террасы Москвы-реки, подчёркнутая крутыми бортами оврага, параллельного Андреевскому, но короткого и безымянного. Бровки овражных бортов резкие, свидетельствуют о недавнем его образовании, но старые деревья на склонах указывают, что он не растёт уже минимум 100 лет. Здесь в осенью 1941г. были поставлены железно-бетонные доты, на случай обороны от немцев, которые 16 октября были в Химках и на подходе к станции Лосиноостровская. К сожалению при очистке парка в 2010 году эти памятники были уничтожены. Наблюдаемые овраги позволяют назвать три условия развития оврагов и определить, которое из трёх условий здесь сейчас отсутствует, понять с чем связано, что овраг прекратил свой рост к середине XX века.

На поверхности террасы, имеющей абс. отм. 143 м, в останце под деревьями видны суглинки – верхний слой отложений террасы. Спускаясь в овраг, видим полный разрез отложений террасы, которые подстилаются пылеватыми песками и супесями мелового возраста, имеющим характерный для меловых отложений табачно-зелёный оттенок, но здесь выраженный слабо. Дно оврага плоское, сложено насыпным грунтом, завезённым сюда в период реконструкции Москвы после Великой Отечественной войны. О составе насыпи можно судить по тому, что лежит на её поверхности. Берём образцы, фотографируем и зарисовываем слоистость речных и прибрежно-морских отложений. В дневниках отражаем мощность и состав отложений. Составляем разрез по этому спуску в овраг, используя профиль (см. приложение 2). Место разреза показано на рис. 19. Строим гипотезу о форме оврага во время Великой Отечественной войны и мощности насыпных грунтов. Обсуждаем, какова роль насыпи в эрозионном процессе. На бортах оврага можно видеть старые деревья, корневые шейки которых находятся выше уровня земли. Можно грубо прикинуть скорость плоскостной эрозии. В маршруте далее вниз по оврагу не раз представится возможность уточнить это наблюдение.

В низовье оврага в 40м от берега реки овраг перекрыт глухой плотиной из суглинка высотой около 3м. Акватория пруда сужается вверх по оврагу. В месте

замыкания пруда по правому борту оврага можно видеть крупное ответвление оврага, отвершек. По водоразделу оврага второго порядка с главным хорошо обнажены отложения террасы и её цоколь, сложенный меловыми отложениями. Всё сходно с разрезом на пройденном спуске в овраг, но не тождественно. Здесь среди песков имеются прослойки чистых зеленовато-серых глин, пребывающих в мягко пластичной консистенции. Поверхность террасы с абс. отметкой 141 м далеко отстоит от дна оврага, имеющего абс. отметку 131 м. Описываем обнажения и составляем разрез, используя приложение 3. Отбираем образцы, фотографируем.

По берегам пруда наблюдаются выходы подземных вод в виде высачиваний и источников с небольшим дебитом. В местах высачивания на поверхности земли плёнка оксидов железа, которая свидетельствует о родстве состава воды минеральному составу вмещающих пород. Какие породы содержат железистый минерал и вмещают водоносный горизонт? Высачивания особенно хорошо видны в начале зимы, когда снег не лежит всюду, кроме мест выхода подземных вод. Но и в конце зимы они прослеживаются по полыньям у берега пруда, указывающим места подземного питания и талым не заснеженным участкам берега. Наблюдение 13.03.13 показало, пруд получает значительную долю подземного питания по тальвегу, где в насыпных отложениях идёт узкий поток грунтовых вод.

Останавливаемся у источника на правом берегу пруда. Описываем рельеф, в котором видны проявления плоскостной эрозии. Мелкие оползни можно заметить по левому борту оврага. Источник с правой стороны каптирован. Вырыта канава вдоль склона, заполнена гравием, в него положена перфорированная труба с уклоном к средней точке траншеи. Из этой точки на поверхность вода выведена через трубу. Над каптажем на всю его длину уложена брусчатка. Это позволяет определить длину каптажа. Расход и температуру воды можно померить. Зная длину каптажа, можно прикинуть удельный расход надъюрского водоносного горизонта. По архивным данным можно заключить, что водоупор для водоносного горизонта служат юрские отложения, выходящие в бортах долины р. Москвы на абсолютной отметке около 130 м. Разрез по последнему обнажению можно продолжить до пруда, обозначить на нём границу юрских и меловых отложений, показать уровень подземных вод. Дать наименование водоносному горизонту по гидравлическому признаку. Можно рассмотреть причину евтификации пруда, грубо сопоставив объём воды в пруде и величину подземного питания. По наблюдению 13.03.13 дебит каптированного источника был 5 л/мин. Температура воды 5,5° при температуре воздуха -9°.

От источника идём берегом пруда к реке. По пути можно посмотреть земляную плотину пруда, шахтный водослив, обсудить, чем, какой особенностью геологического строения берегов определяется проектная высота плотины, можно ли было сделать НПУ пруда выше современного зеркала. Для решения этого вопроса полезно построить геологический разрез по оси плотины или по сечению акватории на 20-30м выше плотины. Это вполне можно сделать без скважин, пользуясь знаниями, полученными в маршруте по оврагу. Полезно так же ответить на вопрос: ухудшает ли создание пруда устойчивость бортов оврага вследствие замачивания горных пород в основании склона?

Далее маршрут пролегает вверх по реке по правому берегу. Летний меженный урез воды в реке в этом месте 118 м абсолютной высоты. Над набережной проходит автомобильная дорога. За ней на узкой полоске I первой надпойменной террасы высотой 8-10 м над урезом воды в реке ютятся прижатые к цоколю III надпойменной террасы старые здания различного назначения.

За мостами Окружной железной дороги и Третьего транспортного кольца фрагмент террасы расширяется. На нём у моста выстроен квартал жилых домов. Выше по реке стоит древний Андреевский монастырь на абс. отм. 127-130 м. О мостах, о том, что им удачно выбрано место, сказано в начале маршрута. Об Андреевском монастыре можно сказать, что он построен в непосредственной близости от реки и от крутого склона, но не несёт на сооружениях следов оползневых или других деформаций. Над монастырём возвышается крутой уступ III надпойменной террасы. Близко к нему поставлена башня здания РАН на абс. отметках около 152 м. По данным (Г.Л. Кофф и др. Очерки по геоэкологии и инженерной геологии Московского столичного региона. М. 1997) на площадке здания сверху залегают суглинки и супеси голоценового возраста, отнесённые к покровным (мощность около 1,6 м), однако, возможно, принадлежащие к комплексу отложений III террасы. Ниже повсеместно лежат пески различной зернистости с прослоями супесей и суглинков – отложения III террасы. Их мощность от 11 до 15 м. Под четвертичными отложениями от глубины около 15 м, на абс. отм. 137 м находятся нижнемеловые отложения неокомского яруса (K_{1nc}), представленные светло-серыми и желтовато-серыми песками мощностью 8-12 м. Под названием неоком объединены отложения трёх ярусов, бериаса, готерива, баррема, которые показаны раздельно на рис.6. На абс. отм. около 127 м их подстилают юрские отложения, представленные чёрными и тёмно-серыми песками и глинами титонского и глинами оксфордского яруса. Грунтовые воды залегали на глубине 15-17 м, т.е. на абс. отм. около 135 м. Эти данные интересно сравнить с разрезом, описанным в овраге при спуске к реке. Геологические процессы вокруг Андреевского монастыря тщательно наблюдались сотрудниками РАН во главе с Г.Л. Коффом. В полосе берега, занятой монастырём, никаких подвижек грунтов точными повторными геодезическим наблюдениями не зафиксировано. По берегу, как восточнее, так и западнее монастыря по геодезическим маркам отмечены плановые и высотные перемещения грунтовых толщ. Суммарные вертикальные перемещения максимально составили до 177 мм. Со средней скоростью 20 мм/год. Марки испытывали как восходящие, так и нисходящие движения. Горизонтальные перемещения также были разнонаправлены, одна из активных марок двигалась со скоростью в среднем 22 мм/год и максимально за год переместилась на 54 мм. Ввиду несистематичности и незначительности перемещений комиссией РАН был сделан вывод о стабильности берегового уступа под башней Академии. Время подтвердило правильность этого заключения: последующие 15 лет значительных деформаций не произошло. Наблюдения специалистов по геодезическим маркам увязываются с доступными нам наблюдениями за деформацией зданий. К востоку от монастыря, или выше него по реке, соседние с ним краснокирпичные старые здания имеют заделанные трещины, вызванные подвижками основания. Есть

трещины и в юго-западном углу монастыря, который прилежит к данному подвижному участку.

За Андреевским монастырём полоска над набережной, по которой проложена дорога, сужается и опускается на уровень поймы. Над причалом городских речных катеров-трамвайчиков дорога расположена на высоте около 5 м над меженью. Мы от причала поднимемся вверх по лестнице, выложенной плиткой коричневатого-серого песчаника. Остановимся на обширной горизонтальной площадке в значительной части занятой копаным прудом. Отсюда открывается вид на оба берега Москвы-реки. Правый высокий берег в верхней части обрывается крутым склоном с наклоном около 30°. Это уступ коренного берега. Над ним лежит холмистая водораздельная равнина – Теплостанская возвышенность, абс. отм. которой здесь около 160 м. Под уступом ровная площадка с прудом, ширина которой около 70 м. Заметим особенность этой площадки: она слабо наклонена не к реке, как борт долины, а в противоположную сторону, к склону. Уступ этой площадки к реке очень крут, около 35°. Под ним узкая полоска на уровне поймы и набережная. За рекой, на её левом берегу обширная пойма, застроенная сооружениями спортивного комплекса Лужников и другими зданиями. Один из авторов методических указаний проходил геологическую практику в 1955 году и был на этой точке. Тогда Лужники не были так застроены. Значительную часть территории занимала низкая пойма, местами заболоченная. К Всемирному фестивалю молодёжи и студентов, проведённому в 1957 г, уровень земли был поднят на современные отметки до 5 м над меженным урезом. Везли строительный мусор и грунты из строительных котлованов. Организовывали воскресники, и студенты на носилках растаскивали его по площади. Набережных не было. На правом берегу, где сейчас проходит дорога, защищенная набережной от боковой речной эрозии, был крутой обрыв к реке. Он был сложен блоками только что оползшей породы, чёрными юрским и зеленовато-серыми нижнемеловыми отложениями, из которых как глазированные тарелки вываливались пёстрые с жемчужными переливами диски аммонитов и конусы белемнитов, напоминавшие нам головки снарядов 10 лет назад закончившейся Войны. Это остатки морской фауны юрского и мелового периодов. Сейчас склон закреплён, задернован, порос молодыми деревьями. Небольшие обнажения можно увидеть над прудом в обрыве коренного берега и в откосе над дорогой, серпантинами поднимающейся на водораздел. Там выходит морена.

Подземные воды здесь не проявлены. Наличие воды в пруду круглый год при отсутствии видимого притока свидетельствует о его атмосферном питании и о полной водонепроницаемости ложа пруда. Можно из анализа геологического строения уступа и представления об оползневом происхождении блока вывести чем сложено ложе пруда.

Из геологических процессов здесь в недавнем прошлом были проявлены эрозионный и оползневой процессы.

Боковая речная эрозия здесь была проявлена в недавнем прошлом. Струи речного потока здесь всегда ударяют в берег в силу формы русла в плане. Река огибает Лужнецкую пойму, струи направлены от левого берега к правому. На левом берегу течение ослаблено. Здесь формировался пляж. Правый берег напротив

подвержен размыву. Размыв прекращается, когда вместо песчаных и глинистых грунтов размывающим струям противопоставлена такая стойкая к размыву и истиранию, нерастворимая порода, как гранит облицовки набережной. Мрамор и известняк здесь были бы совсем не так хороши в силу растворимости кальцита, к тому же имеющему невысокую твёрдость и потому истираемому.

Оползневой процесс здесь выражен классически, зримо. Площадка с прудом представляет собой фрагмент водораздельной равнины, опущенный с блоком оползшей породы на, примерно, 20 м по поверхности скольжения. Она сохранилась в рельефе в виде крутого уступа коренного берега над прудом. Оползень произошёл давно. На это указывают прямостоящие старые деревья, выросшие на поверхности скольжения и на оползневом теле. Явление 1955 г было локальным сползанием части старого оползневого блока. При внимательном рассмотрении на крутой плоскости скольжения можно заметить еще одну узкую ступень. Это другой ярус оползня.

Удивляет, что на поверхности оползня устроен пруд. Фильтрация из него может замачивать поверхность скольжения и стимулировать дальнейшее движение оползневого тела. Однако этого не происходит. Почему? Быть может выемка пруда, напротив, работает на стабилизацию оползня?

По геометрическим размерам оползня и плотности оползших пород (на круг $1,9 \text{ т/м}^3$) можно прикинуть вес оползшего блока. Размер площадки на оползневом блоке можно оценить визуально или на плане. Глубина захвата пород оползевым процессом большая. Поверхность смещения следуя вдоль уступа над прудом круто уходит под оползневой блок и нигде не обнажается вновь, а следовательно выходит под русло реки. Отсюда выводим, что она проходит под оползневой ступенью – площадкой с прудом на глубине около 30 м. (приложение 4). Противопоставить движению такой массы какое-либо удерживающее сооружение дорого и сложно потому, что оно должно быть закреплено в подстилающих оползень грунтах, а это малопрочные, склонные к оползанию юрские глины. В таких условиях стабилизация оползня проводится путём ликвидации одного из факторов, формирующих оползень. Таких факторов в данном случае три. Один из них исключён техническим мероприятием. Какие это три фактора? Какой из них исключён?

Пользуясь архивными данными о строении правого берега р. Москвы и наблюдениями в овраге с прудом строим геологический разрез III-III под профилем, данным в приложении 4.

Рассмотрев крупный оползень, двинемся дальше вверх по реке. В месте окончания рассмотренного пруда с площадки оползня вниз уходит неширокая дорожка. У начала дорожки от неё ответвляется спуск со ступенями. На этой развилке можно увидеть недавний небольшой оползень с цирком, оползшей площадкой и валом выпирания, поднявшим ступени нижней дорожки. Эта незначительная оползневая деформация интересна тем, что на ней сразу можно охватить взглядом все морфологические части оползня. Рядом, чуть ниже по тропе над землёй выступает наклонённая труба. Это наблюдательная скважина инженерно-геологической сети, некогда размещённой на оползневом склоне, а

теперь заброшенной. Наклон свидетельствует о продолжающемся медленном оползневом движении грунта и указывает направление движения.

Двигаясь далее по тропе, мы оказываемся вновь на пойме. Здесь уступ коренного берега далеко отступает от русла, пойма расширена. Наряду с высокой поймой имеется узкая полоска низкой поймы, которая на 1-1,5 м возвышается над рекой. Можно сфотографировать и зарисовать два элемента поймы. Впереди уже недалеко Метромост и станция метро Воробьёвы горы на нём. Примерно в половине расстояния от конца нашего спуска до Метромоста с высокого берега к реке стекает ручей. Перед дорогой он взят в трубу. Далее маршрут проходит вверх по ручью. Можно двигаться вдоль ручья по тропе, но при сырой погоде это может быть затруднительно. Можно воспользоваться дорожками и широкой лестницей для обхода по правому берегу ручья (для этого нужно немного вернуться назад). Адресная цель подъёма – группа мощных источников, над которыми проходит стальная благоустроенная лестница на уровень водораздельной равнины. Поднявшись по лестнице, мы окажемся у старого 3-х этажного дома № 6 по ул. Косыгина, который стоит перпендикулярно бровке борта долины. Если выйти на улицу, то можно увидеть водораздельную равнину, поднимающуюся от площади Гагарина к проспекту Вернадского и далее к площади перед МГУ им. М.В. Ломоносова. Там, у смотровой площадки находится высшая отметка Воробьёвых гор.

Строим разрез от дома №6 до реки Москвы, используя данные приложения 5.

Наш путь назад от дома № 6 к реке с описанием и зарисовкой оползневого склона, который нам уже визуальным знаком по подъёму. На верху, у дома № 6 можно отметить характер рельефа водораздельной поверхности. На бровке над обрывистым бортом долины осматриваем старый, но действующий боксовый гараж. Он разбит трещинами растяжения, образованными вследствие пластического течения грунтов, ниже мы увидим каких, на краю водораздельной равнины. Можно увидеть, как затухает по мере удаления от обрыва размеры деформаций, определить, что дом № 6 расположен вне подвижной зоны. Определив методом опроса или по архитектурным деталям возраст гаражей, можно вычислить скорость их перемещения к оползневому склону. Обычно такие трещины растяжения возникают над оползневым цирком в глинистых грунтах и могут быть замаскированы растительностью или замыты водой. Здесь они сохраняются на протяжении десятилетий. Скорость перемещения точек на водоразделе невелика. Ниже на оползневых буграх плановое перемещение марок к реке шло в 1990-х годах со средней годовой скоростью 3-6 мм/год. При этом большинство из них опускалось со скоростью 0,5-2,0 мм/год, некоторые на валах выпирания поднимались со скоростью до 2,5-3,0 мм/год.

От гаража спускаемся по ступеням стальной лестницы. Умножая количество ступеней на среднюю высоту ступени, определяем высоту оползневого уступа над верхним ярусом оползней.

Лестница заканчивается на уровне бугристой ступени верхнего яруса оползней. Ступень эта неширокая и неровная в отличие от площадки рядом с Андреевским монастырём. В обрывистом склоне над ступенью обнажена морена,

которую нужно задокументировать. Внизу уступа под лестницей нужно отметить группу мощных источников, которые выходят на одном уровне примерно на абс. отметке 145 м. Можно измерить температуру воды в источнике. Она была 12.03.13 равна +8°C, при повторном замере 22.05.13 – +11°C. Следует обратить внимание на эрозионную деятельность ручья. Он на протяжении многих десятилетий не выработал оврага, но только неглубокую промоину, профиль и размеры которой надо зарисовать. Эрозии препятствуют два фактора: во-первых в размываемых грунтах много крупнообломочных включений, которые загромождают русло, во-вторых, у ручья нет водосборного бассейна (поверхности), потому он никогда не превращается в бурный поток способный транспортировать крупные обломки.

Подземные воды, несомненно, являются главным фактором, создавшим особый тип оползневого склона на данном участке берега реки. Здесь происходит сосредоточенная разгрузка подземных вод через ряд крупных источников, расположенных на одной высоте над рекой. Поверхностные потоки вод от источников и высачивания вод, не дренированных источниками, увлажняют весь склон. Морфология расположенных здесь оползней показывает, что вместо блоковых оползней, характерных для Воробьёвых гор, здесь имеем оползни вязкопластичного течения. По мере спуска к реке уступы над оползневыми ступенями становятся отложе, ступени бугристые в средней части склона выравниваются к его подошве, расплываясь. Бугристость указывает на распадение крупных блоков на мелкие, которые по мере продвижения ещё дробятся и разваливаются при замачивании, так как состоят из песчано-глинистых отложений. В нижней части склон водонасыщен и летом закрыт влаголюбивой растительностью. Вернувшись на пойму, продолжаем маршрут в сторону Метромоста. Он построен в конце 1950-х годов. Его левобережная часть выходит на Комсомольский проспект, а правобережная по выемке поднимается к проспекту Вернадского. В выемке хорошо вскрыты морена и покровные суглинки, лессовидные, палево-желтые. На мосту над рекой оригинально расположена станция метро Воробьёвы горы. Поезд от центра города выходит из туннеля на нижний ярус моста и уходит в туннель в сторону станции Университет. Правобережный туннель врезан в оползневой склон. При его строительстве здесь были обнаружены не предусмотренные проектом пески-пывуны мелового возраста. Берег на участке моста закрыт рядами многоярусных оползней. Можно посчитать количество ярусов. Чётко выражены поверхности смещения оползневых блоков. Оползневой процесс здесь носит блочный характер. Одна из поверхностей смещения пересекает туннель. Несмотря на принятые меры по стабилизации оползней, скорость смещения не была полностью погашена, туннель деформировался, сечение его в свету уменьшалось. Арка моста была деформирована боковым сжатием. К тому же в ней оказался некачественный железобетон, так как он укладывался зимой. Пришлось сделать два временных обводных туннеля, два дополнительных временных моста через реку. Станция была закрыта на ремонт более, чем на 10 лет. Туннель и арка были отремонтированы и укреплены. На арке сейчас хорошо видны бандажы, укрепляющие её в местах бывших деформаций. Эскалаторные галереи для подъёма пассажиров с уровня станции на уровень ул. Косыгина и пр. Вернадского, разбитые

оползневыми трещинами, не отремонтированы. Их можно видеть с западной стороны от станции. Видимо, скорости оползания грунтов в основании галерей велики и не позволяют установить здесь эскалаторы – машины очень чувствительные к неравномерным деформациям основания. Подъём наверх на водораздельную поверхность не организован.

Подведём итог маршрута. Нам удалось увидеть сложный рельеф долины реки Москвы, сформированный геологическими процессами речной, овражной и плоскостной эрозии, речной аккумуляции, блочного оползания и вязкопластичного течения грунтов и строительной деятельности на протяжении более, чем 100 лет. Нам удалось построить без горных выработок и скважин геологические разрезы по описаниям обнажений и архивным материалам. Мы видели и измерили параметры источников подземных вод. По схеме инженерно-геологического районирования Москвы мы находились преимущественно в районе «Г», долине Москвы-реки и её притоков. Однако мы дважды поднимались в район «А» на водораздельную холмистую равнину сложенную моренными суглинками, плотными, слабо сжимаемыми, слабо водопроницаемыми. Получили представление о благоприятных условиях строительства в районе «А» и сложных, разнообразных условиях строительства в районе «Г». На террасах здесь хорошие условия для строительства жилых, общественных зданий и транспортных сооружений. На пойме условия хуже и требуют предварительных мелиоративных мероприятий (подъём уровня земли насыпями, устройство набережных, дренажи) и устройства свайных оснований. На коренном склоне Воробьёвых гор условия строительства сложные. Оползневые и эрозионные процессы требуют инженерной защиты зданий и сооружений. Здесь много значит выбор места для сооружения. Удачно выбранное место для Андреевского моста позволяет безаварийно эксплуатировать его с 1907 года. Неудачно назначенное с геологических позиций место для метромоста привело к необходимости реконструкции его уже на втором десятилетии службы.

В отчёте по практике должно быть помещено описание пройденного маршрута по плану, изложенному в разделе «Обработка результатов рекогносцировочных маршрутов» данного методического пособия с поименованными там приложениями. К нему должен быть приложен разрез по борту оврага с отложениями III надпойменной террасы и разрез по оползневому склону. Раздел должен быть иллюстрирован фотографиями выходов отложений III террасы и меловых отложений, источников и геоморфологических элементов территории: террас, оврагов, эрозионных ложбин, оползневых блоков и ярусов и др., а также зарисовками.

II.4. Обработка результатов рекогносцировочных маршрутов

Камеральная обработка материалов маршрутной съёмки начинается с распределением бригадиром видов работ между членами бригады в соответствии с содержанием соответствующего раздела отчёта и требованиями к его выполнению.

Назначаются ответственные лица за написание подраздела по геоморфологическим условиям изученного района, его геологического строения, гидрогеологическим условиям и наблюдаемым геологическим процессам. Устанавливаются лица, снабжающие текст этих разделов иллюстративными материалами в виде геоморфологической карты, совмещённой с четвертичными отложениями, карты коренных пород, геологического разреза, зарисовок обнажений, фотодокументации. Отдельно назначается человек ответственный за составление коллекции горных пород.

После распределения обязанностей каждый член бригады знакомится с записями полевых дневников всех членов бригады, выбирает из них наиболее полную и достоверную информацию, необходимую ему для выполнения порученного задания и приступает к его выполнению.

Построение геологического разреза начинается с построения топографического профиля по заданной линии. После составления геоморфологической карты или по записям полевых дневников на профиль наносятся границы геоморфологических элементов. Анализируя записи по геологическому строению в каждой точке наблюдения, на разрез наносятся встреченные на том или ином геоморфологическом элементе грунты, их мощность, возраст, генезис. Проводятся стратиграфические и литологические границы, ставятся геологические индексы, наносятся сведения о подземных водах из полевых дневников, делается соответствующая литологическому составу грунта штриховка и составляются условные обозначения к разрезу. Для составления геологической карты коренных пород используются бланки маршрутных (топографических) карт и сведения о характере залегания коренных пород и абсолютных отметок их кровли или подошвы, которые можно найти в полевых дневниках при описании точек наблюдения. Для составления геоморфологической карты совмещённой с картой четвертичных отложений также используется маршрутная карта и соответствующая информация из полевых дневников о месте залегания на выделенных элементах рельефа четвертичных отложений определённого возраста и генезиса.

Описание геологического строения выделяемых геоморфологических элементов можно вести от поймы к коренному берегу или в обратном порядке с иллюстрациями в виде зарисовок обнажений из полевого дневника и фотоматериалом. При описании использовать построенный геологический разрез и геологические карты.

При описании гидрогеологических условий отмечается количество обнаруженных в процессе маршрутной съёмки водоносных горизонтов и даётся их описание (тип подземных вод по условиям залегания, водовмещающие породы, водоупоры, направление движения подземных вод, питание, разгрузка). Даются иллюстрации подтверждающие наличие подземных вод в данном районе (разрез, фото).

При описании встреченных геологических процессов указывается место их развития и признаки наличия, причины возникновения, динамика развития процесса. Даются соответствующие зарисовки из полевых дневников и фотографии.

Особое внимание следует обратить на составляемую коллекцию горных пород. В ней образцы должны располагаться в геохронологическом порядке от самых молодых к более древним и сопровождаться описанием с указанием возраста, генезиса, места отбора и литологического состава (таблица __)

Таблица __

Описание к коллекции горных пород по маршруту _____

NN п/п	Геологи- ческий индекс	Место отбора образца	Литологическое описание образца
1	2	3	4

Поэтому прежде чем начать создавать коллекцию, все образцы нужно разложить в геохронологической последовательности. Образцы осадочных пород отобранные из одной и той же точки наблюдений, чем моложе тем выше будут лежать в массиве (см. зарисовки обнажений в полевых дневниках). Кроме того, даже если возраст аллювиальных отложений одинаковый, более древней является терраса с большим номером (т.е. более высокая терраса), ледник вначале наступает на территорию и образуются моренные отложения, а затем отступает с образованием водоледниковых (флювиогляциальных) отложений. Для этого этикетки в каждом пакете разворачивают и возвращают на прежнее место в положении позволяющем читать написанную на них информацию (точка отбора, генезис, возраст, состав, порядковый номер). Далее, обращая внимание на возраст образцов, порядковый номер присвоенный образцу при отборе и соответствующую зарисовку обнажения с указанием на ней положения пробы, устанавливают геохронологическую последовательность проб грунта и в соответствии с ней размещают образцы в пакетах на столе. Далее каждому образцу присваивается порядковый номер, который он будет иметь в будущем описании коллекции. После этого составляется описание коллекции (таблица __)

Сама коллекция может быть оформлена в произвольной форме, но при этом должны быть видны одновременно все образцы, располагаться они должны в порядке их описания, а на них должен присутствовать порядковый номер.

Коллекция должна быть оформлена с указанием места её сбора, состава бригады и даты прохождения практики. К коллекции может быть приложен фотоматериал фиксирующий процесс и место отбора образцов

III. Методы и технические средства проведения инженерно-геологических изысканий

Изучение геологического строения застраиваемой территории, ее гидрогеологических условий, установление значений физико-механических свойств грунтов, агрессивности и состава подземных вод осуществляется путем выполнения горнопроходческих и буровых работ, проведения испытаний грунтов непосредственно в массиве полевыми методами, а для отбираемых при проходке горных выработок и буровых скважин проб грунта и подземных вод - лабораторными методами.

Основной целью выполнения буровых и горнопроходческих работ является установление геологического строения и гидрогеологических особенностей изучаемой территории, а также отбор проб грунта нарушенного и ненарушенного сложения и проб подземных вод для последующего испытания в лабораторных условиях.

Лабораторные испытания в своем большинстве относительно экономичные, а имеющееся оборудование позволяет получить высокую достоверность результатов исследований. Однако, из-за малого объема отбираемой пробы, нарушения напряженного состояния пробы грунта после изъятия ее из массива основания, ее транспортировки, хранения и подготовки к испытанию, может произойти частичное нарушение природного сложения грунта и, как следствие, недостоверный результат проведенного лабораторного опыта. Для обеспечения надежных значений показателей свойств грунтов требуется многократное повторение испытаний образцов грунтов. Для устранения недостатков лабораторных исследований, повышения надежности получаемых результатов при проведении изысканий, применяют полевые методы испытания грунтов, которые проводятся непосредственно в грунтовой массе, когда в результате опыта захватывается более значительный объем грунта, а сами грунты находятся в условиях естественного залегания и природного напряженного состояния.

В практике инженерно-геологических изысканий полевые методы применяются, как правило, в комплексе с лабораторными исследованиями грунтов и подземных вод.

Инженерно-геологическое опробование грунтов проводится при проведении изысканий на всех стадиях проектирования, а детальность исследований возрастает при переходе от предпроектной стадии к стадии «Рабочая документация».

III.1. Буровые и горнопроходческие работы

Основными техническими средствами, с помощью которых производятся изыскания, являются буровое и горно-проходческое оборудование и станки. В соответствии с этим нами выделяются методы разведки путем бурения скважин и проходки горных выработок.

В практике инженерных изысканий бурение скважин и проходка шурфов, шахт, штолен и других горных выработок являются традиционными и надежными

методами. Бурение скважин является самым распространенным видом работ при инженерных изысканиях. Объем бурения при выполнении изысканий на строительных площадках достигает нескольких десятков сотен метров. В крупных городах, в связи с широким размахом строительства объектов самого различного назначения, объем ежемесячных буровых работ достигает многих тысяч метров. Как уже говорилось, при инженерно-геологических изысканиях решаются как общегеологические задачи, связанные с изучением геологического строения территории, так и специальные, направленные на изучение деталей их геологического строения, гидрогеологических условий, свойств грунтов, условий развития геологических процессов и др. Все эти задачи в значительной мере или полностью можно решать по данным бурения скважин.

В отличие от других видов изыскательских работ (геофизических и проходки горных выработок) бурение разведочных скважин можно выполнять в самых различных геологических условиях – на суше и на акватории, в сухих и обводненных горных породах, на любую необходимую глубину и получать достаточно достоверную и надежную и информацию об инженерно-геологических условиях. Кроме того, буровые скважины широко используются для производства различных опытных работ, выполняемых с целью специального изучения свойств горных пород и водоносных горизонтов и для режимных наблюдений. Их используют также при выполнении некоторых видов строительных работ, например при строительном водопонижении, устройстве водонепроницаемых завес, дренажей, свайных фундаментов, искусственном уплотнении и укреплении горных пород и др. Бурение скважин производят также для обеспечения постоянного или временного питьевого и технического водоснабжения населенных пунктов и производственных объектов. Все это и определяет большой объем бурения при инженерных изысканиях.

III.1.1. Буровые работы

Буровая скважина представляет собой цилиндрическую выработку в грунте. Место на поверхности земли, где забуривается скважина, называется ее устьем. Дно скважины – забоем, стенки скважины – стволом скважины.

В практике инженерных изысканий бурение разведочных скважин производят разными диаметрами – от 36мм до 156мм и на разную глубину – от первых метров до 100-150м и более. Скважины условно подразделяют на мелкие – до 10м, средней глубины – от 10 до 30м, глубокие – от 30 до 100м и весьма глубокие – более 100м.

При инженерно-геологических исследованиях бурение скважин должно обеспечивать:

- 1) изучение всего геологического разреза независимо от мощности слоев, прослоек, линз грунтов, пересекаемых скважиной, т.е. полноту разреза;
- 2) точное установление положения геологических границ, пересекаемых скважиной, сланцеватости, границ зон, положения слабых прослоек, трещин, пустот, мерзлых грунтов, водоносных горизонтов и др.;

3) сохранение, минимальную нарушенность естественного сложения, влажности и вообще физического состояния грунтов, извлекаемых из скважины в виде керна и образцов, для полной и достоверной их характеристики и оценки;

4) возможность отбора проб грунтов с любой глубины для изучения их состава, строения и физико-механических свойств;

5) возможность выполнения комплекса наблюдений за изменением физического состояния грунтов по глубине, за появлением и установившимся уровнем подземных вод, верхней и нижней границ мерзлых пород;

6) производство в скважинах опытных работ для изучения свойств грунтов и водоносных горизонтов;

7) использование скважин для организации режимных (стационарных) наблюдений за режимом подземных вод, деформациями грунтов и др.

Таковы основные требования, которые должны выполняться при бурении скважин в ходе инженерных изысканий. Заметим, что при производстве этих работ буровые скважины иногда подразделяют на разведочные, инженерно-геологические, геотехнические, гидрогеологические и др.

Из всех наиболее распространенных способов бурения скважин – колонкового, ударно-канатного кольцевым забоем, вибрационного, медленновращательного, шнекового и ручного ударно-вращательного – первые два являются наиболее эффективными при инженерных изысканиях, обеспечивающими более полное соблюдение перечисленных требований.

Колонковый способ бурения скважин применим в любых горных породах и практически на любую глубину, требующуюся для решения инженерно-геологических задач. По существу, он является единственным при бурении в скальных и полускальных грунтах. В песчаных и глинистых грунтах, устойчивых в стенках скважин, и в таких же грунтах, но мерзлых, колонковым способом рекомендуется бурить скважины небольшой глубины (до 30м) диаметром 108-219мм, без промывки («в сухую»). Менее эффективен этот способ бурения в глинистых грунтах неустойчивой консистенции и в обводненных песчано-галечных. В скальных и полускальных грунтах колонковые скважины бурят твердосплавными, алмазными и дробовыми коронками как всухую, так и с промывкой водой или глинистыми растворами.

При колонковом бурении выбуривается керн - столбик грунта, которой необходимо оторвать с забоя и поднять на поверхность. С этой целью применяется буровой снаряд, состоящий из следующих частей: коронки, рвательного корпуса с рвательной пружиной-кольцом для отрыва керна, колонковой трубы для приема выбуриваемого керна и направления скважины; переходника с колонковой трубы на штанги.

Коронка или корончатое кольцо представляет собой пустотелый стальной цилиндр, имеющий на верхнем конце наружную нарезку под рвательный корпус или под колонковую трубу; в нижнюю торцевую плоскость коронки вставляются алмазы или резцы из твердых сплавов.

Колонковая труба изготавливается из цельнотянутых труб с толщиной стенок 3,5-4,5мм; длина колонковых труб – 1,5; 3,0; 4,5м. Колонковая труба имеет на нижнем и верхнем концах внутреннюю ленточную резьбу.

В практике инженерных изысканий в настоящее время все шире применяют бурение с продувкой забоя скважин сжатым воздухом. Опыт показывает, что этот способ бурения имеет следующие преимущества перед другими: исключается необходимость в организации водоснабжения, лучше сохраняется естественное физическое состояние грунтов, в том числе и мерзлых, и значительно повышается производительность.

Ударно-канатный способ бурения скважин кольцевым забоем дает хорошие результаты при бурении почти в любых мягких связных (глинистых) и рыхлых несвязных (песчано-галечных) грунтах. Диаметр скважин может изменяться от 89 до 273мм и более, а глубина – от 5-10 до 30-100мм. Опыт показывает, что при этом способе бурения достигаются высокая точность и достоверность разведки и обеспечивается возможность производства опытных работ для инженерно-геологических целей.

Современные ударно-канатные станки имеют примерно следующую основную характеристику: число ударов 40-60 в минуту, ход инструмента (высота подъема) 50-110см.

Инструмент поднимается над забоем, а при ходе вверх падает и лезвие долота разбивает забой. Чтобы получить скважину круглого сечения, необходимо после каждого удара инструмент (долото) поворачивать.

Долото предназначено для разрушения грунта при ударах по забою. Долота готовятся из качественной углеродистой стали.

Ударная штанга предназначается для увеличения веса (массы) инструмента, воздействующего на забой.

Вибрационным способом можно бурить скважины глубиной до 15-20м и диаметром от 89 до 168мм. Этот способ бурения применим только в однородных песчано-глинистых грунтах, не содержащих крупнообломочных включений и устойчивых в стенках буровых скважин. Он позволяет получать достаточно точные данные о геологическом разрезе, но не обеспечивает сохранность естественного сложения и физического состояния грунтов. Поэтому из таких скважин невозможен отбор монолитов. Для этого требуется дополнительное соответствующее оборудование, при использовании которого существенно снижается производительность бурения.

Бурение скважин медленновращательным и шнековым способами по сравнению с перечисленными отличается малой точностью и достоверностью получаемых данных о геологическом разрезе и физическом состоянии грунтов. При этих способах бурения невозможен отбор проб грунтов естественного сложения. Поэтому он малоэффективен при инженерных изысканиях.

Ручной ударно-вращательный способ бурения скважин постепенно выходит из применения в связи с его большой трудоемкостью, однако он пока остается незаменимым при бурении неглубоких скважин на труднодоступных участках из подвалов зданий, при небольшом объеме работ.

В таблице 2, приведенной ниже, достаточно наглядно показаны способы бурения скважин при производстве инженерно-геологических изысканий.

Способы и разновидности бурения скважин при инженерно-геологических изысканиях (СП11-105-97 Часть I. Приложение Г)

Таблица 2

Способ бурения	Разновидность способа бурения	Диаметр бурения (по диаметру обсадных труб), мм	Условия применения (виды и характеристика грунтов)
<u>Колонковый</u>	С промывкой водой	34-146	Скальные невыветрелые (монолитные) и слабовыветрелые (трещиноватые)
	С промывкой глинистым раствором	73-146	Скальные слабовыветрелые (трещиноватые), выветрелые и сильновыветрелые (рухляки), крупнообломочные; песчаные; глинистые
	С продувкой воздухом (охлажденным при проходке мерзлых грунтов)	73-146	Скальные невыветрелые (монолитные) и слабовыветрелые (трещиноватые), необводненные, а также в мерзлом состоянии; дисперсные, твердомерзлые и пластично-мерзлые
	С промывкой солевыми и охлажденными растворами	73-146	Все виды грунтов в мерзлом состоянии
	С призабойной циркуляцией промывочной жидкости	89-146	Скальные выветрелые и сильновыветрелые (рухляки), обводненные, глинистые
	Всухую	89-219	Скальные выветрелые и сильновыветрелые (рухляки), песчаные и глинистые необводненные и слабообводненные, твердомерзлые и пластичномерзлые
Продолжение таблицы 2			
<u>Ударно-канатный кольцевым забоем</u>	Забивной	108-325	Песчаные и глинистые необводненные и слабообводненные, пластичномерзлые
	Клюющий	89-168	Глинистые слабообводненные
<u>Ударно-канатный сплошным забоем</u>	С применением долот и желонки	127-325	Крупнообломочные; песчаные обводненные и слабообводненные
<u>Вибрационный</u>	С применением вибратора или вибромолота	89-168	Песчаные и глинистые обводненные и слабообводненные
<u>Шнековый</u>	Рейсовое (кольцевым забоем)	146-273	Крупнообломочные, песчаные, глинистые слабообводненные и обводненные
	Поточное	108-273	Крупнообломочные, песчаные, глинистые слабообводненные и обводненные

Из приведенного следует, что при инженерных изысканиях наиболее рациональными являются колонковый, ударно-канатный и вибрационный способы бурения, выбор которых зависит от конкретных геологических условий и решаемых задач. При инженерно-геологических исследованиях бурение скважин в большинстве случаев следует производить диаметрами большими, чем, например, при разведке месторождений твердых полезных ископаемых. Наиболее оптимальный начальный диаметр 168мм, конечный 108мм, переходные 146 и 127мм. Эти диаметры позволяют получать керн, образцы и пробы грунтов лучшей сохранности естественного сложения и пробы, вполне пригодные для любых лабораторных исследований физико-механических свойств. Буровые скважины таких диаметров позволяют получать вполне точные и достоверные сведения об инженерно-геологических условиях, и, кроме того, они вполне пригодны для выполнения различных опытных работ и режимных стационарных наблюдений. В отдельных случаях, при сложном геологическом разрезе и значительной мощности четвертичных отложений, закарстованности коренных грунтов, при необходимости выполнения специальных опытных и режимных наблюдений, возможно бурение разведочных скважин начальным диаметром до 1500мм, глубиной до 30-40м. Точность и достоверность получаемых при этом результатов является практически абсолютной.

На точность и достоверность получаемых геологических данных большое влияние оказывает крепление скважин обсадными трубами. Крепление скважин уменьшает зашламованность керна, обеспечивает безаварийность бурения, позволяет более точно фиксировать глубину появления подземных вод и установившиеся их уровни, а также число, положение и мощность водоносных горизонтов и зон. Все это показывает, что необходимо обосновывать конструкцию каждой скважины или группы скважин, т.е. выбор начального и конечного диаметров бурения, диаметр колонн обсадных труб и глубину их установки для перекрытия неустойчивых грунтов, водоносных горизонтов и т.д.

Обобщая опыт использования буровой техники для инженерно-геологических работ в г. Москве и Московской области, можно констатировать, что наиболее часто используются установки ПБУ, УГБ, УРБ и АВБ.

Передвижная буровая установка ПБУ-2



Может быть установлена на различные транспортные средства: автомобили и шасси повышенной проходимости типа АМУР (ЗИЛ-131), УРАЛ, КамАЗ, транспортную гусеничную машину ТГМ-126, МТЛБу, тракторы ТТ-4 и ТЛТ-100А, на санное основание и другие шасси.

Эксплуатация машины допускается в районах с умеренным климатом в интервале температур от минус 40°С до плюс 40°С.

Подвижный вращатель установки приводится во вращение ведущим валом от трансмиссии установки и перемещается по направляющим мачты гидроцилиндрами механизма подачи. Мачта трубчатая с открытой передней гранью. Лебедка планетарная со свободным сбросом для ударно- канатного бурения, канатоемкость - 60м, диаметр каната - 14 мм. Исполнение без лебедки предназначено для проведения работ не требующих обсадки скважины, без применения забивного стакана. Возможна комплектация кривошипно-шатунным балансиrom с ходом 550 мм.

Исполнение буровой установки с балансиrom позволяет работать на установке с забивным стаканом и производить пробную откачку воды, забивку обсадных труб.

Основные возможности буровой установки ПБУ-2 :

- бурение инженерно-геологических и технических скважин ударно-канатным способом
- бурение скважин при сооружении свай и шпунтов (в том числе и равнопроходными шнеками)
- бурение сейсморазведочных скважин
- проходку геологоразведочных шурфов в рыхлых наносных отложениях
- вращательное колонковое бурение «всухую» (без использования очистного агента)
- вращательное, колонковое и бескерновое бурение с промывкой геологоразведочных, гидро- и инженерно-геологических, технических скважин
- вращательное колонковое и бескерновое бурение с очисткой забоя сжатым воздухом геологоразведочных, гидрогеологических и инженерно-геологических, технических скважин
- ударно-вращательное колонковое и бескерновое бурение с применением забойных пневмоударников с очисткой забоя сжатым воздухом геологоразведочных, гидро- и инженерно-геологических, технических скважин
- выполнение инженерно-геологических изысканий посредством статического зондирования грунтов (глины, суглинки и пески).

Технические характеристики установки ПБУ-2

Таблица 3

Вид бурения	Диаметр (мм)	Глубина бурения (м)	Диаметр долота (мм)
Вращательное шнеками	135	50 (60 для ПБУ-3)	148
Вращательное шнеками	180	50 (60 для ПБУ-3)	198
Вращательное шнеками	230	25 (30 для ПБУ-3)	250
Шнековым буром	650	до 20	650
Шнековым буром	850	до 20	850

Колонковое трубой "в сухую" на специальных штангах	73	50	1087
Колонковое бурильным трубами с прямой промывкой	50	100	132
Ударно-канатное	ударно-забивным стаканом	50	135
Ударно-канатное	желонированием	50	1087

Буровая установка УГБ-1ВС

Осуществляет бурение скважин шнековым, ударно-забивным, колонковым способами в талых и обводненных породах I-V категорий буримости, а также бурение разведочных скважин при инженерно-геологических изысканиях и шурфов всухую в труднодоступных районах в условиях умеренного климата. Глубина бурения – 5 – 45м шнеками и колонковой трубой.

Установки геологического бурения типа УГБ-1ВС в строительстве используются для бурения вертикальных скважин диаметром 130-300мм, глубиной бурения до 30м при выполнении буровых свай или установки в скважины различных металлоконструкций, призванных выполнять роль ограждения котлованов.

Технические характеристики установки УГБ-1ВС

Таблица 4

Наименование параметров	Величина
Условная глубина бурения, м :	
- шнеками D=135м	50
- шнеками D=180м	25
- шурфобуром D=650м	12
- с промывкой	50
- ударно-канатным способом	25
Ход вращателя, мм	3200
Наибольший крутящий момент, Нм	5000
Усилие подачи, кН	
- вниз	30
- вверх	80
Скорость подъема бурового снаряда, м/с	
- вниз	0 - 0,40
- вверх при максимальной грузоподъемности	0 - 0,013
- быстро вверх (без нагрузки)	0 - 0,20

Буровая установка УРБ-2А2

Предназначена для вращательного бурения долотами и твердосплавными коронками.

Все механизмы, входящие в установку, в том числе раздаточная коробка, передающая вращение от ходового двигателя автомобиля, буровой насос НБ-32 или компрессор КТ-7, мачта с кронблоком, подвижным вращателем и одноцилиндровым гидроподъемником двустороннего действия, пульт управления механизмами установки, масляные баки для обеспечения маслом гидросистемы буровой установки смонтированы на раме, закрепленной на шасси автомобиля ЗИЛ-131.



Буровой установке придается двусный прицеп для перевозки труб, шнеков и инструмента. На нем установлен консольно-поворотный кран для погрузочно-разгрузочных работ.

Установка имеет подвижный вращатель, который используется в процессе бурения, наращивания инструмента без отрыва его от забоя и выполняет совместно с гидроподъемником работу по спуско-подъему инструмента и принудительную подачу его на забой. Кинематика и мощность вращателя обеспечивают также свинчивание и развинчивание бурильных труб, благодаря чему отпадает необходимость в специальных механизмах для этой цели.

Вращение от ходового двигателя автомобиля при $n = 1800$ об/мин через коробку передач, раздаточную коробку автомобиля с помощью карданных валов передается на раздаточную коробку буровой установки. На установке имеется аварийный ручной маслонасос, позволяющий перемещать вращатель и укладывать мачту. С помощью манометров на нагнетательной линии можно судить о крутящем моменте и осевой нагрузке на забой.

Вращатель представляет собой трехскоростную коробку с цилиндрической прямозубой передачей в стальном литом корпусе. С пульта управления можно изменять и реверсировать на каждой передаче частоту вращения шпинделя от нуля до максимума за счет дросселирования жидкости, подводимой к гидродвигателю вращателя.

Для бурения с промывкой и продувкой шпиндель выполнен полым. На верхний конец его насажен сальник-вертлюг и прикреплен к крышке корпуса вращателя. На нижний конец шпинделя на шлицевой посадке насажен шарнирный элеватор или патрон (при бурении шнеками), которые крепятся к крышке корпуса полухомутами.

Мачта установки - сварная из труб-швеллеров. Она опирается на опоры, установленные на раме, и шарнирно на них закреплена. Подъем и опускание мачты осуществляются гидроцилиндром.

С помощью установки УРБ-2А2 можно бурить с очисткой забоя промывочной жидкостью или продувкой забоя, для чего на установке монтируется буровой насос или компрессор, а в благоприятных условиях можно бурить шнековым способом.

Техническая характеристика буровой установки УРБ-2А2

Таблица 5

Параметры	Значения параметров
Глубина бурения, м, при диаметре скважин, мм: 118 с промывкой 93 с промывкой 135 с продувкой 135 шнеками	100 200 30 30
Начальный диаметр скважины, мм	190
Диаметр бурильных труб, мм	60,3
Частота вращения, об/мин	140; 225; 325
Крутящие моменты, передаваемые вращателем, Н . м	1580; 990; 690
Тип подачи	Канатная с приводом от гидроцилиндра
Скорость подачи, м/с: вверх вниз	0-0,6 0-1,1
Длина хода подачи, мм	5200
Грузоподъемность, кН	40
Принудительная нагрузка на инструмент, кН	26
Мачта: высота мачты, мм длина бурильных труб, мм угол наклона мачты от горизонтали, градус	Сварная из труб 8370 4500 90
Мощность, передаваемая раздаточной коробкой автомобиля для привода маслостанции и бурового насоса, кВт	44
Буровой насос: подача, л/с давление, МПа	НБ-32 10 4,0
Компрессор: подача, м3/мин давление, МПа	КТ-7 6 0,45
Габариты в транспортном положении, мм	8820x2450x3370
Масса установки, кг	10080
В том числе монтируемого оборудования, кг	4370

Агрегат вибрационного бурения АВБ-2М

Предназначен для бурения вертикальных скважин вибрационным способом при инженерно-геологических изысканиях в породах I-IV категориях буримости.

Установка смонтирована на шасси автомобиля повышенной проходимости ГАЗ-3308(4x4). Привод генератора и лебедки осуществляется от двигателя автомобиля. Вибромолот и подъем мачты электрофицированы. Агрегат комплектуется инструментом для вибрационного бурения.

Технические данные:

Глубина бурения, м :

- вибрационным способом - 20
- ударно-канатным способом - 40

Диаметр бурения, мм :

- вибрационным способом - 168
- ударно-канатным способом - 219

Диаметр труб, мм - 63,5

Габаритные размеры в транспортном положении, мм

длина - 7370

ширина - 2270

высота - 3550

Масса установки, кг 5960

Принципиальная схема установки приведена на Рис.21

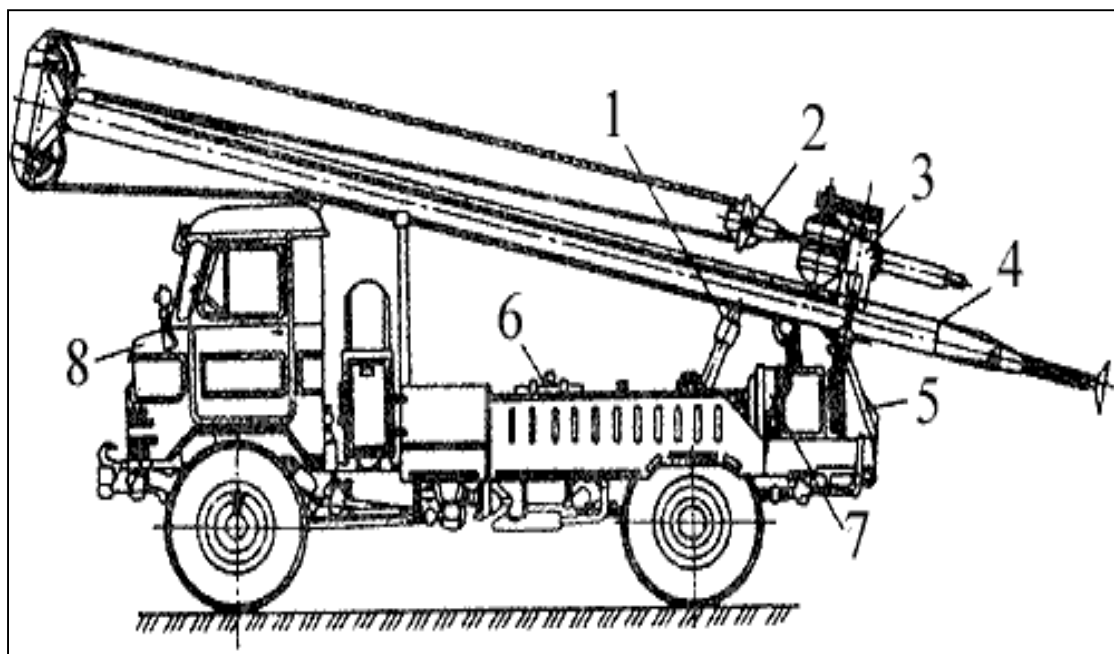


Рис. 21. Агрегат вибрационного бурения АВБ-2М.

1 - винтовой подъемник мачты; 2 - талевый блок; 3 - вибромолот; 4 – мачта;
5 - опора мачты; 6 - генератор; 7 - лебедка; 8 – автомобиль

III.1.2. Проходка горных выработок

В составе работ, выполняемых при инженерных изысканиях, большую роль играют горные работы. Горные выработки позволяют получать наиболее точные и достоверные геологические данные. Когда необходимо установить степень точности и достоверности геологических данных, получаемых, например, при съемке, разведке геофизическими методами или при бурении скважин, то их сравнивают с данными, получаемыми при проходке горных выработок, так как при соблюдении определенных условий их проведения и документации эти данные являются практически абсолютно точными и достоверными.

На начальных стадиях изысканий наиболее часто делают закопушки, расчистки, канавы, проходят неглубокие шурфы и дудки.

Под закопушкой понимают снятие на площади порядка $0,25\text{м}^2$ или менее почвы и заглубление в подстилающие грунты на $0,3\text{--}0,5\text{м}$ для документации вскрытых отложений.

Расчистка – снятие на склоне тонкого слоя поверхностных отложений для документации грунтов, слагающих склон и, при необходимости, отбор образцов для проведения лабораторных анализов грунтов.

Шурф - это неглубокая горная выработка, выкопанная вручную. Стандартное сечение шурфа обычно $1,0 \times 2,0\text{м}$. Шурф имеет примерно вертикальные стенки и мало сужается с глубиной. Глубина шурфов чаще всего не более $3,0\text{м}$, но иногда проходят шурфы до 10м глубиной и более. Глубина шурфа зависит от ряда факторов. Во-первых, она определяется задачами исследований. Во-вторых, глубина шурфа зависит от устойчивости стенок и, если грунты неустойчивы и осыпаются, их проходят с креплением стенок шурфа, а если близко залегают подземные воды, то с водопонижением.

В глинистых, в частности, лёссовых грунтах на глубину до $20,0\text{м}$ вместо шурфов проходят дудки, которые отличаются от шурфов круглым сечением при малом диаметре порядка $0,7\text{м}$. Стенки дудок более устойчивы в силу их формы и размера. Шурф удобная для геолога форма вскрытия грунтов основания. В него можно спуститься и увидеть сравнительно большую обнаженную площадь нужного ему геологического разреза. Грунты в стенках находятся в ненарушенном состоянии со всеми особенностями их неоднородности. В шурфе можно решить ряд задач: определить перечень вскрытых грунтов и пространственные формы их залегания, взять образцы грунтов ненарушенной структуры (например, взять кольцом пески для определения их плотности - важнейшего классификационного показателя и т.п.). При наличии подземных вод в шурфе определяется глубина их залегания. При необходимости, возможно отобрать пробу воды для химического анализа, с целью определения её агрессивности по отношению к бетону, стали, свинцу, алюминию, как к материалам, используемым в подземных частях сооружений, включая инженерные сети. Шурф также пригоден для проведения полевых испытаний грунтов на сжимаемость, прочность, водопроницаемость. При проходке шурфа выполняется его документация с зарисовкой стенок в масштабе, с указанием мест отбора образцов грунтов и фотографированием.

Канавы - редко выполняемая выработка типа шурфа, но протяженностью до нескольких десятков и даже сотен метров.

При проектировании ответственных сооружений, таких как туннели, плотины, электростанции, проходят штольни и шахты.

Шахта – вертикальная горная выработка, штольня – горизонтальная горная выработка сечением порядка 2,0х2,0м, проходима на любую требуемую глубину с креплением, водопонижением, для исследования структуры и трещиноватости скальных массивов при проектировании гидротехнических, транспортных и других объектов повышенной ответственности (Рис. 22).



Рис. 22. Вид заброшенной штольни.

Массовое применение этих видов горных разведочных работ сдерживается их очень высокой стоимостью и низкой скоростью проходки.

Расчистки, канавы и особенно штольни наиболее целесообразно проводить при благоприятных условиях рельефа – на склонах, в откосах, хотя расчистки и канавы можно успешно применять и на равнинных участках для прослеживания горизонтов, слоев, зон, контактов и т.д. Все другие виды горных выработок – закопушки, шурфы, дудки, шахты – можно проводить в любых условиях рельефа, исходя из целей и назначения каждого из них. В целом, объем горных работ при инженерных изысканиях обычно невелик. От общего числа разведочных выработок или объема горно-буровых работ горные выработки составляют не более 10%.

К проходке разведочных горных выработок при инженерных изысканиях необходимо предъявлять определенные требования. Ее следует вести так, чтобы получать точные сведения о геологическом разрезе и условиях залегания грунтов,

поверхностей и зон ослабления, тектонических разрывов и нарушений, достоверные данные о физическом состоянии грунтов; производить отбор проб грунтов при полной сохранности естественного сложения и физического состояния; производить в горных выработках различные опытные работы; иметь возможность оценивать устойчивость грунтов, условия их эффективной проходки и крепления, строительную категорию и крепость, а также возможность апробирования новых способов, методов и средств при выполнении строительных и горных работ.

Горные работы это наиболее трудоемкий и дорогой вид разведочных работ. Проходка шурфов, дудок, штолен и шахт часто сопряжена с большими геологическими трудностями – неустойчивостью грунтов и большой их обводненностью, необходимостью применения мощных средств крепления выработок, водоотлива, специальных методов проходки (предварительного водопонижения, замораживания, применения щитов, кессонов и др.). Кроме того, для проходки глубоких горных выработок необходимо иметь специальное оборудование, применять взрывные работы и т.д., что в условиях производства инженерных изысканий трудно. Все это в значительной степени ограничивает применение горных работ при инженерных изысканиях, несмотря на то, что они позволяют получать наиболее точные и достоверные геологические данные.

Горные работы при инженерных изысканиях обычно применяют в следующих случаях: 1) когда геоморфологические и геологические условия благоприятны для проходки неглубоких выработок (закопшек, расчисток, канав, мелких шурфов и дудок), проходка которых не вызывает больших трудностей, не требует применения сложного оборудования и технических средств, но резко повышает эффективность геологических работ; 2) когда при выполнении обычных изысканий для различных видов строительства необходим контроль за точностью и достоверностью геологических данных, получаемых при выполнении других видов работ, и отбор проб грунтов лучшей сохранности естественного сложения и физического состояния для исследования их физико-механических свойств, горные выработки при этом используют также для выполнения в них опытных работ; 3) когда при проектировании ответственных сооружений (плотины, туннели и др.) необходимо кроме уточнения и контроля получаемых геологических данных решать специальные задачи – выделять зоны и подзоны выветривания, зоны съема пород и врезки сооружений, зоны разуплотнения грунтов, интенсивной их трещиноватости, закарстованности, проследить крупные тектонические нарушения, производить в этих выработках различные опытные работы с целью изучения прочностных и деформационных свойств грунтов, измерения их естественного напряженного состояния.

III. 2. Полевые методы исследования грунтов

III. 2.1. Геофизические методы

Геофизические методы изысканий основаны на изучении физических полей Земли, как природного, так и искусственного происхождения.

К основным естественным полям относятся магнитное, электрическое, гравитационное, радиационное и упругое поле Земли, которые существуют на протяжении всего времени жизни нашей планеты.

Разведочная и инженерная геофизика по изучению различных физических полей Земли разделена на пять основных методов – магниторазведку, электроразведку, гравиразведку, сейсморазведку и радиометрию.

С помощью магниторазведки изучают особенности магнитного поля, вызванного горными породами и рудами различной намагниченности. Методами электроразведки изучают естественные электрические поля Земли и процессы, происходящие в горных породах при прохождении через них электрического тока. Гравиразведка основана на различии плотности горных пород, влияющих на величину и направление ускорения свободного падения тела на поверхности Земли. Методами сейсморазведки исследуют особенности распространения упругих колебаний в горных породах, их строение, деформационные и прочностные свойства. Радиометрия включает в себя группу методов, основанных на изучении естественной и искусственной радиоактивности горных пород.

Геофизические методы в настоящее время широко используются в инженерных изысканиях для строительства. Они являются неотъемлемой частью геологического картирования и решения инженерно-геологических и гидрогеологических задач. Исследуя естественные и искусственные геофизические поля можно изучать строение и свойства массивов горных пород на больших территориях и до больших глубин в условиях их естественного залегания.

В геофизике разработаны математические решения двух главных задач:

- 1) определение физических полей по известному расположению геологических объектов, обладающих заданными физическими параметрами (прямая задача);

- 2) определение расположения, размеров формы и физических параметров объекта по наблюдаемому физическому полю (обратная задача).

III. 2.1.1. Физические поля и аномалии.

Решение любой инженерно-геологической и инженерной задачи сводится к выделению того или иного объекта из вмещающей среды, определение его геометрических форм и вещественного состава. Выделение объектов геофизическими методами возможно в том случае, если исследуемый объект и вмещающая его среда обладают различными физическими свойствами. В этом случае над ними наблюдаются различные по величине и форме физические поля.

Каждая точка физического поля характеризуется определенной величиной. Эти величины могут быть скалярными и векторными, а следовательно и физические

поля могут быть соответственно скалярными и векторными. В геофизике различают *наблюдаемое, нормальное, аномальное и трансформированное* геофизические поля. За *наблюдаемое* геофизическое поле принимается поле непосредственно измеренных величин; *нормальное* геофизическое поле получает в результате усреднения измеренных величин на какой-то территории; *аномальное* геофизическое поле – поле отклонения наблюдаемых величин от значений нормального поля; *трансформированное* геофизическое поле – поле величин, полученных в результате каких-то преобразований наблюдаемых значений (например, поле, пересчитанное на другую высоту, и т.п.).

Между геологическим строением объекта и физическим полем над ним существует прямое соответствие, так как они отражают строение и свойства горных пород одного и того же участка земной коры. Физическое поле над однородной средой соответствует нормальному полю, а над отдельными объектами (пластами, жилами, рудными телами и т.п.) – аномалиям. Следовательно, в сложных инженерно-геологических условиях наблюдаемое геофизическое поле складывается из нормального и аномальных полей. Таким образом, *геофизические аномалии* – это нарушения в распределении физического поля, соответствующие наличию геологических объектов в среде. *Геофизические аномалии* принято выделять исходя из правила «трех сигм», т.е. когда величина их параметров превышает утроенное среднеквадратичное отклонение изучаемого геофизического поля. Истолкование выявленных геофизических аномалий принято называть *интерпретацией* наблюдаемых геофизических полей.

Результаты интерпретации геофизических полей представляют в виде графиков изменения геофизических величин вдоль линии наблюдений (профиля), в виде карт графиков на какой-то площади, по которым строят карты изолиний геофизических параметров. По полученным картам графиков и изолиний строят геолого-геофизические разрезы.

III. 2.1.2. Основы магниторазведки

Магниторазведка основана на изучении земного магнитного поля и магнитных свойств горных пород и руд. Основной характеристикой магнитного поля Земли является магнитная индукция B , которая является векторной величиной. Направление вектора магнитной индукции совпадает с направлением силы, действующей на северный конец магнитной стрелки, помещенной в данную точку поля. Единицей измерения магнитной индукцией B в системе СИ является тесла (Тл). Для полевых измерений используется более мелкая единица нанотесла (нТл); $1 \text{ нТл} = 10^{-9} \text{ Тл}$.

Второй характеристикой магнитного поля, является его напряженность T . Этот параметр характеризует магнитное поле, не искаженное влиянием среды. Напряженность магнитного поля выражается в амперах деленных на метр (А/м). Эта величина называется эрстед (Э). На практике используют миллиэрстеды (мЭ) и гаммы (γ): $1 \text{ Э} = 1000 \text{ мЭ} = 10^5 \gamma$.

Магнитная индукция B и напряженность магнитного поля T связаны между собой зависимостью $B=\mu T$, где μ – относительная магнитная проницаемость среды. Эта безразмерная величина, зависящая от состава и состояния среды. Значения μ для воздуха и воды, практически, равны 1. Так как полевые измерения магнитного поля проводят в этих средах, то величина магнитного поля в единицах индукции и единицах напряженности соответственно составляет $1 \text{ нТл} = 1 \gamma$ -гамма.

Самая высокая напряженность магнитного поля Земли на её поверхности наблюдается в районе полюсов и составляет до 65000 нТл, в районе экватора – 35000 нТл. Все горные породы, находящиеся в магнитном поле Земли, намагничиваются по-разному. Способность горных пород и любых материалов в большей или меньшей мере намагничиваться называется магнитной восприимчивостью (κ). Величина магнитной восприимчивости горных пород (κ) естественно связана с их магнитной проницаемостью $\mu=1+4\pi\kappa$. По величине κ все минералы и горные породы делятся на три группы: диамагнитные, парамагнитные и ферромагнитные.

Диамагнитные минералы и горные породы (медь, золото, серебро, алмазы, гипс, осадочные горные породы) обладают самой малой магнитной восприимчивостью $\kappa<0$.

Парамагнитные минералы и горные породы (платина, мускавит, биотит, кислые магматические породы) имеют магнитную восприимчивость $\kappa>0$.

Ферромагнитные минералы, горные породы и материалы (магнетит, гематит, железо, сталь) обладают самыми высокими значениями магнитной восприимчивости $\kappa\gg 0$. Характерной особенностью ферромагнитных материалов является зависимость их магнитной восприимчивости κ от температуры. С повышением температуры κ ферромагнитных материалов резко повышается, но до определенной температуры, называемой точкой Кюри. Если превысить температуру точки Кюри, то материал размагничивается и становится парамагнитным, например, для железа это $+585^{\circ}\text{C}$, для пирротина $+325^{\circ}\text{C}$.

Измеряя величину магнитной индукции B или напряженность T магнитного поля над поверхностью Земли можно количественно оценить магнитную восприимчивость κ горных пород и любых материалов.

Измерения магнитных характеристик горных пород различных материалов проводится с помощью приборов, которые называются магнитометрами. В инженерной геологии и в строительстве используются упрощенные портативные магнитометры (металлоискатели) Металлоискатели широко применяются для поиска различных металлов и других материалов в строительных конструкциях и в основаниях сооружений.

В геологии и изысканиях для строительства магниторазведка используется для инженерно-геологического картирования, прослеживания зон тектонических нарушений (разломов) для поиска рудных и нерудных месторождений, связанных с основными и ультраосновными магматическими породами, а в строительстве при обследовании различных армированных конструкций.

Задание.1. Определение шага армирования, толщины защитного слоя и диаметра арматуры в железобетонных конструкциях.

Для определения армирования железобетонной конструкций используем вихревой металлоискатель ДМО-10. Перед началом работы на участке обследуемой конструкции закрепляем лист бумаги формата А3. Включаем металлоискатель. Устанавливаем его на поверхность конструкции, если в вертикальную плоскость чувствительного элемента металлоискателя ДМО-10 попадают металлические элементы конструкции, то загорается световой индикатор или включается звуковой зуммер. Это место фиксируется маркером на бумаге. Осуществляя сканирование обследуемого места металлоискателем по взаимно перпендикулярным направлениям, и фиксируя маркером на бумаге места срабатывания металлоискателя, определяют положение металлических элементов в обследованном месте конструкции. Для измерения толщины защитного слоя в зафиксированных местах расположения арматуры на металлоискателе имеется цифровой индикатор толщины защитного слоя. Толщина арматуры измеряется специальными датчиками с использованием набора эталонов.

Работа выполняется индивидуально, каждым студентом.

III. 2.1.3. Основы гравirazведки

Гравirazведка изучает естественное поле силы тяжести Земли, которое называют гравитационным полем. Изучая, распределение этого поля, выявляют гравитационные аномалии, связанные с геологическими объектами, состоящими из разных по плотности горных пород.

В основе теории гравirazведки лежит закон всемирного тяготения открытый в XVII веке Ньютоном, который количественно определяет силу F взаимодействия между двумя массами, находящимися на расстоянии r друг от друга: $F=Gm_1m_2/r^2$, где гравитационная постоянная $G=66,73 \times 10^{-12} \text{ м}^3/\text{кгс}^2$. Этому закону подчинено взаимодействие между Землей и всеми массами, расположенными на ней. Масса какого-либо тела в воздухе определяется как произведение объем V на плотность этого тела ρ :

$$m_1=V_1 \rho_1$$

Геологические тела находятся в земной коре, плотность которой не равна нулю. Поэтому при определении гравитационных аномалий, обусловленных действием масс тех или иных геологических тел, необходимо учитывать воздействие на гравитационное поле вмещающей среды, которая так же обладает плотностью. Если плотность среды принять за ρ_0 , а плотность тела принять за ρ_1 , то гравитационная аномалия будет обусловлена избыточной массой:

$$m_1=V_1 (\rho_1 - \rho_0)$$

Избыточная плотность может быть положительной или отрицательной в зависимости от того, какая плотность больше тела или вмещающей среды. Поэтому и аномалии ускорения свободного падения, также могут быть положительными и отрицательными. Примеры таких аномалий показаны на Рис.23. Таким образом, физической основой гравиметрической разведки является различие в плотности

горных пород, руд, нерудных полезных ископаемых, а также пустоты в массиве горных пород.

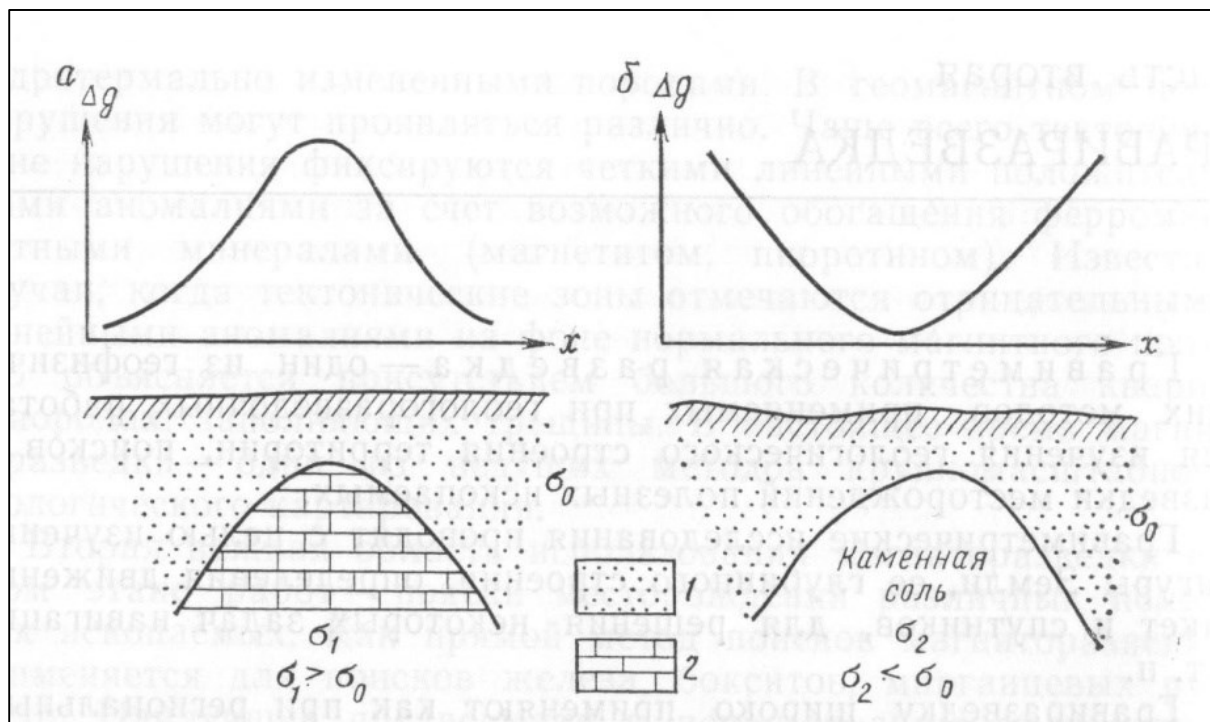


Рис.23. Примеры гравитационных аномалий

Избыточная масса: а – положительная; б – отрицательная;

1 – песчано-глинистые породы; 2 - известняки

Для измерения величины ускорения свободного падения применяются специальные приборы, которые называются гравиметры. С помощью этих приборов измеряют напряженность гравитационного поля в данном месте Земли, которая численно равна ускорению свободного падения. В системе СИ ускорение свободного падения выражается в м/с^2 , эта единица названа в честь Галилея-гал. $1 \text{ гал} = 10^{-2} \text{ м/с}^2$. В практике гравиметрических работ используют миллигаллы – $1 \text{ мгал} = 10^{-5} \text{ м/с}^2$. Среднее значение ускорения свободного падения на Земле составляет $9,81 \text{ м/с}^2$.

Аномалия гравитационного поля в пункте измерения рассчитывается как разность между измеренным и нормальным гравитационным полем Земли. В нашей стране нормальное значение гравитационного поля рассчитывается по формуле:

$$g_0 = 9,78030 (1 + 0,005302 \sin^2 \varphi - 0,000007 \sin^2 2\varphi) - 14 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2,$$

где φ – географическая широта в градусах пункта наблюдений.

Интерпретация результатов гравиметрических наблюдений, при которой анализируются графики и карты аномалий поля силы тяжести, производится на качественном и количественном уровнях. В последнем случае на основе априорной геоплотностной модели изучаемой среды, базирующейся на информации о плотности пород и форме объекта определяет его геометрические и прочностные характеристики.

III. 2.1.4. Основы электроразведки

Электроразведка один из основных методов геофизики. Она основана на изучении искусственных и естественных электрических полей в земных недрах. Электроразведку широко применяют при решении разнообразных задач инженерной геологии, гидрогеологии, горного дела, техники и др. (вплоть до археологии).

В электроразведке используют многие электрические свойства горных пород, но важнейшим из них, измеряемым почти во всех методах является удельное электрическое сопротивление (УЭС) $\rho = R_s/l$, где l – длина проводника, м; s – площадь поперечного сечения проводника (m^2), R – электрическое сопротивление проводника (Ом). Таким образом, размерность удельного электрического сопротивления (Омм).

Минералы и горные породы по УЭС можно разбить на три группы:

- 1) плохие проводники – $\rho > 10^8$ Омм. К ним относятся все силикаты, магматические горные породы, каменная соль, слюды, нефть и др.;
- 2) средние проводники $\rho = 10^2 - 10^7$ Омм. Они представлены окислами, солями, некоторыми сульфидами, бурыми и каменными углями, пресной водой;
- 3) хорошие проводники $\rho < 10$ Омм. Сюда относятся самородные металлы, графит, антрацитовые угли, минерализованные воды.

Основные группы пород – магматические осадочные и метаморфические – имеют различную пористость, влажность, структуру и соответственно различное УЭС. Магматические породы имеют малую пористость, поэтому их УЭС высокая ($10^2 - 10^5$ Омм). Осадочные породы обладают меньшим УЭС ($10^{-1} - 10^6$ Омм) за счет пористости и влажности. Особенно низким сопротивлением обладают глинистые породы. Метаморфические породы по УЭС занимают промежуточное положение между магматическими и осадочными породами. Однако, для них характерна анизотропия электрических свойств.

Методы электроразведки разделяются по наблюдению за естественными и искусственными электрическими полями.

Естественные электрические поля создаются на земле, благодаря электродвижущим силам химического, фильтрационного, диффузионного и техногенного происхождения. Метод наблюдения естественного поля (ЕП) используют при инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях. Ими можно определить наличие фильтрации воды из водоемов, определить направление движения подземных вод, коррозионные свойства горных пород и т.п.

Для измерения разности потенциалов в методе ЕП применяют электроразведочные автокомпенсатор АЭ-72, неполяризующийся керамические электроды заполненные раствором медного купороса и легкие эластичные провода. Наблюдения проводят путем перемещения одного из электродов по поверхности Земли и измеряя величину напряжения (потенциала) U на каждой точке измерения. Таким образом, получают карту потенциалов U , по которой можно определить направления движения потока подземных вод, наличие блуждающих токов и т.п.

Искусственное электрическое поле в Земле может создаваться и исследоваться различными способами. Существует два основных способа возбуждения электрического поля в Земле: *гальванический и индуктивный*.

Гальванический способ характеризуется тем, что два заземления, погруженные в землю, присоединяются к полюсам источникам постоянного или переменного тока. В качестве заземлителей применяют стальные стержни, называемые питающими электродами А и В. Для измерения силы тока, возникшего в массиве горных пород, в цепь питающих электродов подсоединяют амперметр. Для измерения, возникшего при этом напряжения, используют приемные электроды М и N, подсоединяя к ним вольтметр. Схема такой установки показана на Рис.24. Изменяя расстояние между электродами А и В можно пропускать ток на различных глубинах в массиве горных пород и фиксировать возникшее при этом напряжение.

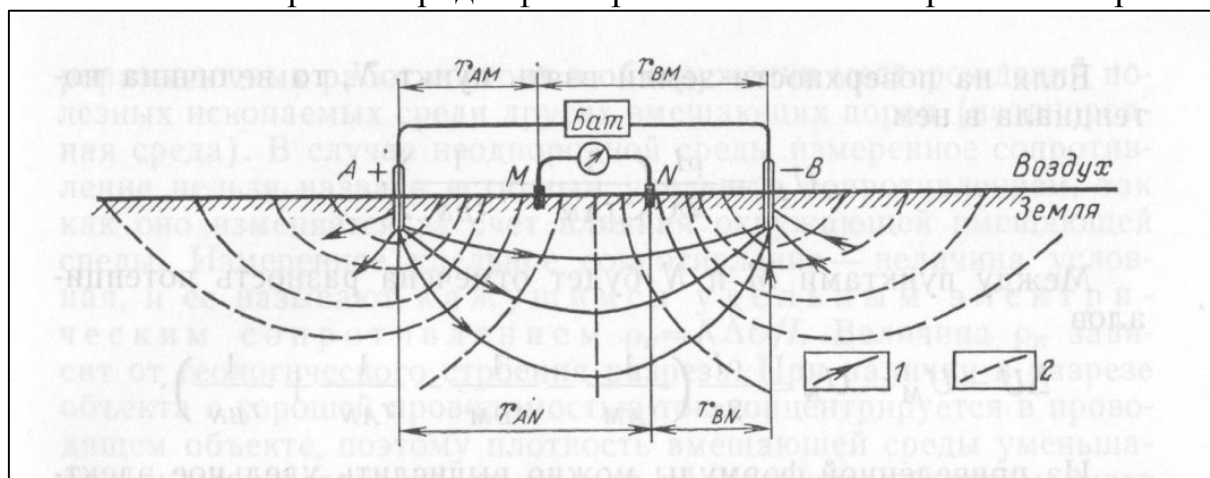


Рис.24. Поле двух точечных источников тока (в разрезе) в однородной среде: 1 – токовые линии; 2 – эквипотенциальные линии

Используя предложенную установку можно рассчитать УЭС массива горных пород на различных глубинах по формуле: $\rho = K \Delta U / I$, где ΔU – разность потенциалов между точками М и N, I – сила тока в питающей линии АВ, ρ – удельное электрическое сопротивление, K – коэффициент установки.

Коэффициент установки рассчитывается по формуле:

$$2\pi / (1/r_{AM} - 1/r_{BM} - 1/r_{AN} + 1/r_{BN})$$

Данный метод изучения электрических свойств горных пород называют вертикальным электрическим зондированием ВЭЗ. Результаты измерений методом ВЭЗ изображаются в виде кривых для каждого пункта или разрезов. Кривые ВЭЗ строят в билогарифмическом масштабе, откладывая по вертикали расстояние между АВ/2, а по горизонтали величину соответствующего УЭС – ρ (Рис.25). По кривым ВЭЗ, используя общие сведения о геологическом строении района, а также специальные палетки или программы, строят геоэлектрические разрезы, которые идентичны геологическим.

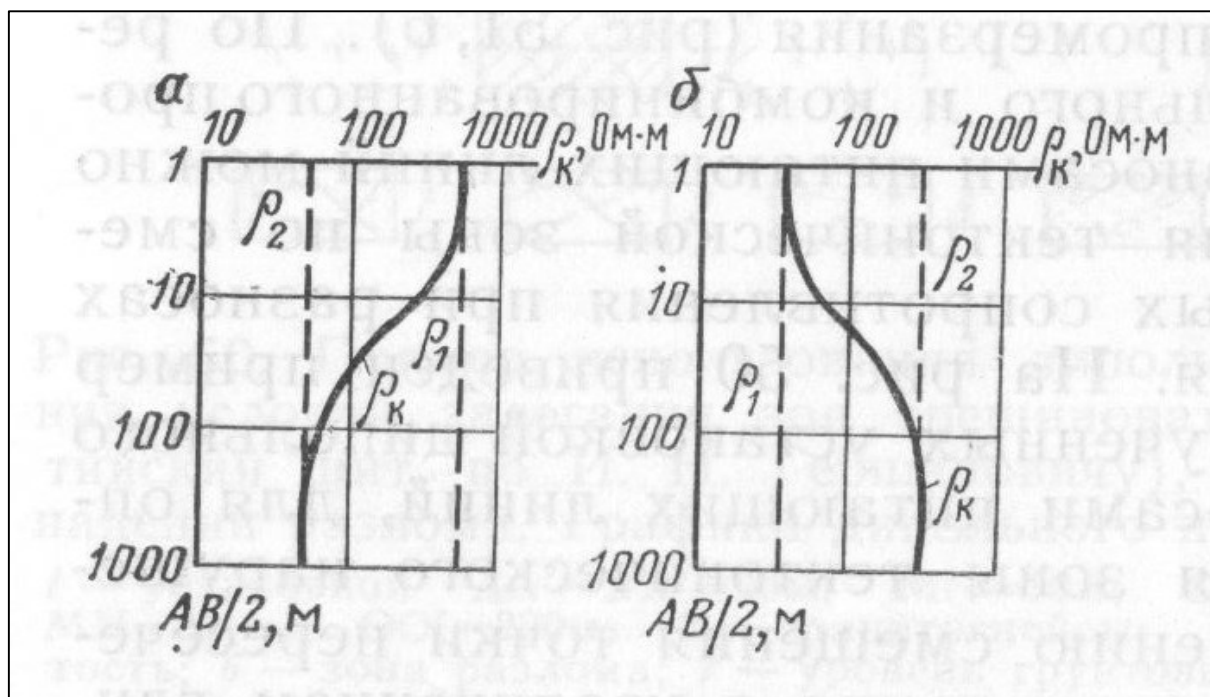


Рис.25. Двухслойные кривые вертикальных электрических зондирований ВЭЗ:
а – $\rho_1 > \rho_2$; б – $\rho_1 < \rho_2$

При **индуктивном** способе возбуждения электрического поля источником поля является незаземленный контур, питаемый переменным током от какого-либо генератора. Преимуществом индуктивного метода является возможность выполнять наблюдения без гальванического контакта (без заземлений) питающих и приемных электродов с землей.

Методы электроразведки, использующие переменные магнитные поля в настоящее время интенсивно развиваются, особенно, методы радиолокационного зондирования РЛЗ возбуждения электрического поля. Метод РЛЗ выполняется как в отдельных точках. Так и при наблюдении вдоль профилей и в горных выработках (скважинах, шахтах, штольнях). По результатам РЛЗ строятся временные разрезы, на которых отображается положение границ в координатах времени прохождения электромагнитного зондирующего сигнала. Эти разрезы могут быть преобразованы в разрезы реальных глубин при наличии данных о скорости распространения или величины поглощения электромагнитных волн во вмещающей среде (Рис. 26).

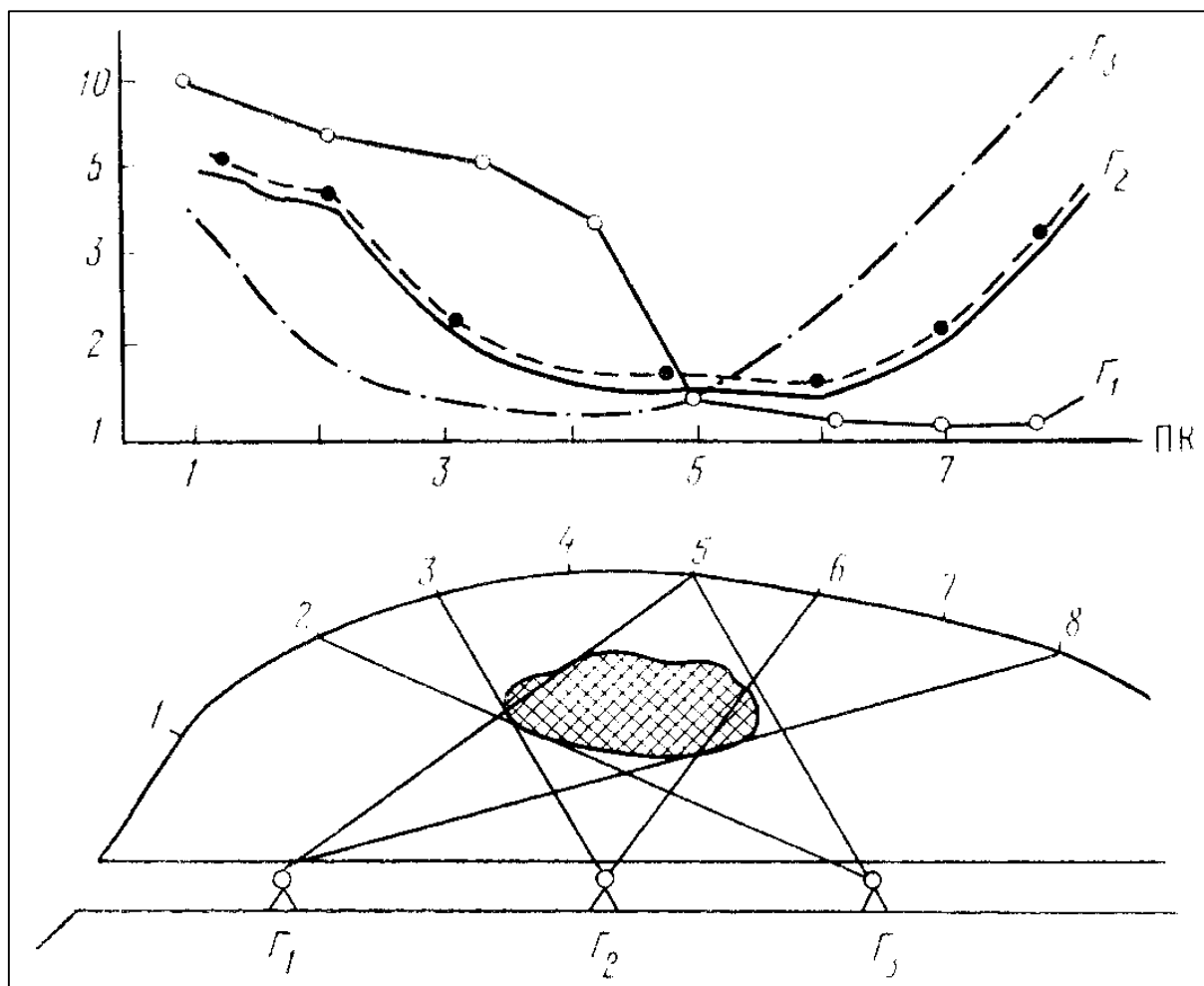


Рис.26. Схема поглощения радиоволн рудной залежью в методе просвечивания (вверху показаны графики величины поглощения электромагнитных волн, внизу – расположение рудной залежи).

1, 2, 3,8 – пункты измерения напряженности электромагнитного поля на поверхности земли; Γ_1 , Γ_2 , Γ_3 – генераторы электромагнитного поля, размещенные в штольне

Задание 2. Определение блуждающих токов.

Важную роль в воздействии среды на подземные металлические сооружения играют коррозионные процессы, вызываемые блуждающими токами. Поле блуждающих токов в земле – это электромагнитное поле, создаваемое внешними, или сторонними источниками. Источниками блуждающих токов в земле являются рельсовые сети электрифицированного транспорта, линии передач энергии постоянного тока по системе «провод-земля», промышленные предприятия, потребляющие постоянный электрический ток в промышленных целях.

Наличие блуждающих токов определяется методом измерения разности потенциалов (ЕП) между двумя точками земли. Измерения проводят двумя двухэлектродными установками по двум взаимно перпендикулярным направлениям

при разnose измерительных электродов на 50-100 м. Каждая установка состоит из двух неполяризующихся медносульфатных электродов. Каждая пара электродов подбирается таким образом, чтобы собственная разность потенциалов их не превышала 2 мВ. Для измерений используется прибор «АЭ-72». Показания прибора отсчитываются поочередно на каждой из установок через каждые 10-15 с в течение 20 мин. По результатам работ строят графики изменения разности потенциалов во времени на каждом направлении ΔU_1 и ΔU_2 .

В поле блуждающих токов измеряемые разности потенциалов характеризуются значительными, нерегулярными, сравнительно быстрыми изменениями во времени. В соответствии с ГОСТ 9.602-2005 (Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии), наличие блуждающих токов в данном пункте измерения регистрируют при наибольшем размахе колебаний разности потенциалов во времени свыше 40 мВ.

На участке №1 в поле блуждающих токов измеряемые разности потенциалов характеризуются значительными, нерегулярными, сравнительно быстрыми изменениями во времени. Как видно по графикам (Рис.27), измеренные разности потенциалов устойчивы, т.е. не изменяются по величине, знаку и не выше 40 мВ. Значит, по результатам проведенных исследований можно сделать вывод об отсутствии в пределах данных участков блуждающих токов.

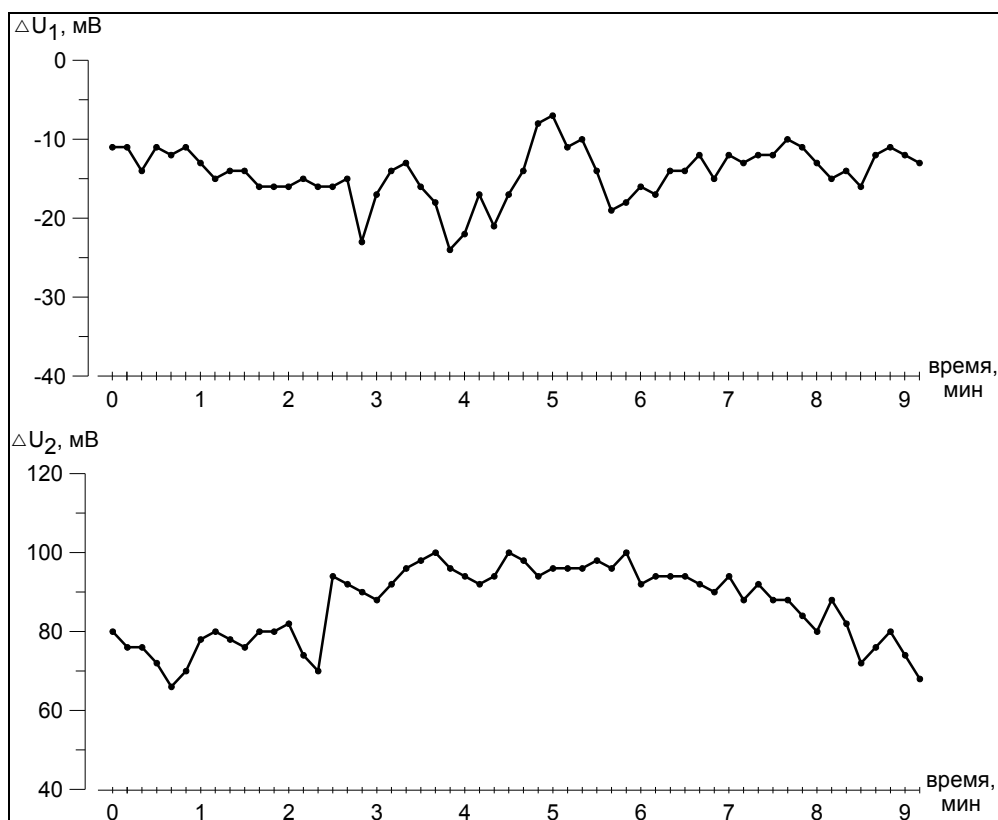


Рис. 27. Графики изменения разности потенциалов во времени на двух взаимно перпендикулярных установках (ΔU_1 и ΔU_2) на участке 1.

На участке №2 в поле блуждающих токов измеренные разности потенциалов также достаточно устойчивы, однако, как видно по графикам (Рис.28) в ряде случаев размах колебаний разности потенциалов превышает 40 мВ.

Следовательно, можно сделать вывод о наличии в данном участке блуждающих токов.

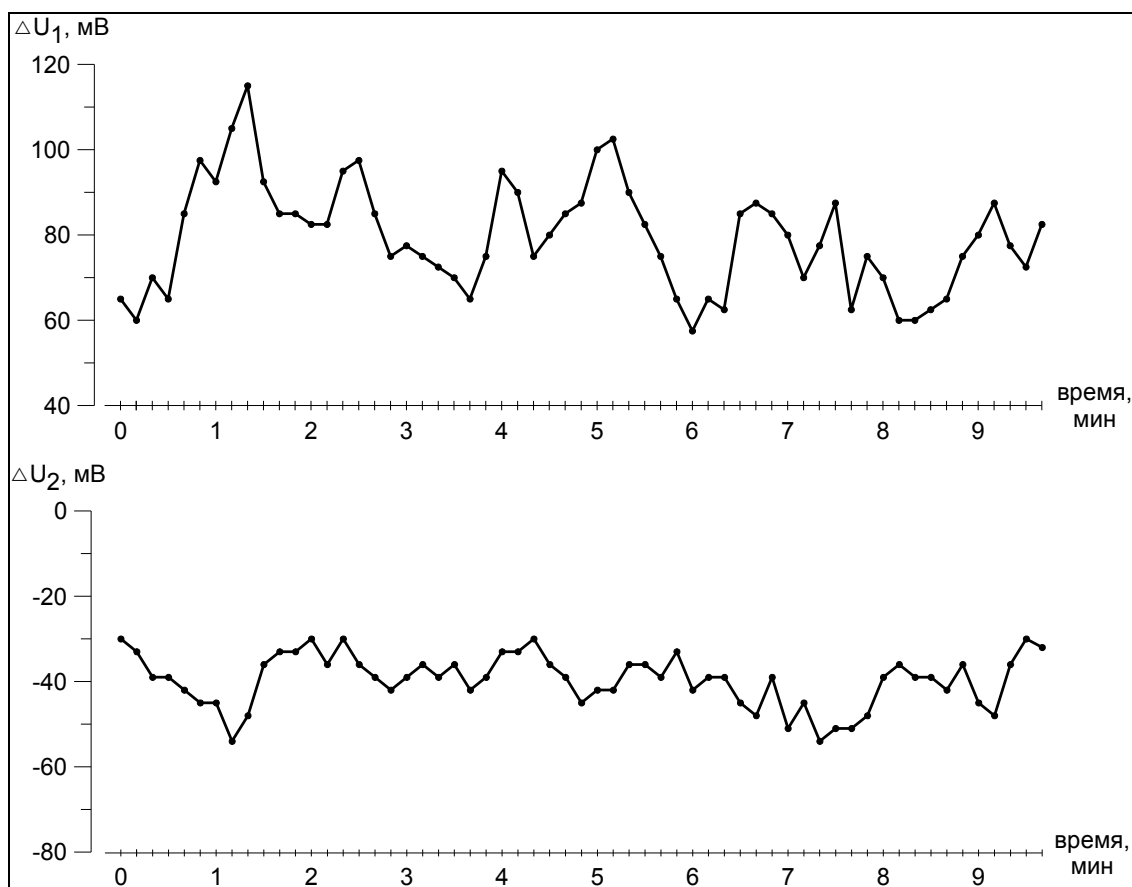


Рис.28. Графики изменения разности потенциалов во времени на двух взаимно перпендикулярных установках (ΔU_1 и ΔU_2) на участке 2.

Работа выполняется коллективно, бригадой студентов.

III. 2.1.5. Основы сейсморазведки

Сейсморазведочные методы исследования земной коры, поиска полезных ископаемых, строения пластов и свойств горных пород основаны на изучении скорости распространения упругих колебаний (волн) в среде, создаваемых искусственными и естественными (землетрясения) источниками возбуждения. Под действием нагрузки любое физическое тело изменяет свою форму и размеры, т.е. деформируется. При деформации, частицы слагающие тело, приходят в движение, передавая приложенную нагрузку от одной частицы к другой. Движение частиц может происходить как в направлении действия нагрузки – продольная деформация, так и перпендикулярно к этому направлению – поперечная деформация. Продольная деформация называется **деформацией растяжения (сжатия)**, а поперечная деформация называется **деформацией сдвига**. Различают упругую деформацию и пластическую. Деформация называется упругой, если она исчезает после снятия нагрузки. Именно упругие деформации и изучает сейсморазведка. При

возникновении упругих деформаций в горных породах возникают продольные P и поперечные S упругие колебания, распространяющиеся со скоростью V_P и V_S в горных породах. Продольные P волны возникают в любой среде: жидкой, твердой, газообразной, поперечные S волны только в твердой среде. В горных породах, таким образом, возникают одновременно продольные P и поперечные S волны, создающие сложные упругие колебания среды.

Упругие деформации любой среды согласно закона Гука описываются двумя главными упругими параметрами: модулем продольной упругости Юнга (E [Н/м²]) и коэффициентом поперечного сжатия Пуассона ($\nu=0-0,5$). Общее число упругих параметров среды (констант) равно 21 но достаточно определить два из них и плотность физического тела ρ , чтобы рассчитать все остальные упругие параметры. Модуль Юнга и коэффициент Пуассона связаны с другими упругими параметрами среды формулами теории упругости. Важнейшее из них для сейсморазведки:

- скорость продольных волн V_P – упругих колебаний, возникающих вследствие деформации растяжение – сжатие в любой среде

$$V_P = \sqrt{E(1 - \nu) / \rho(1 + \nu)(1 - 2\nu)}$$

изменяется в пределах 300-8600 м/с;

- скорость поперечных волн V_S – упругих колебаний, возникающих вследствие деформаций сдвига в твердой среде

$$V_S = \sqrt{E / 2\rho(1 + \nu)}$$

изменяется в пределах 200-4200 м/с;

- модуль Юнга E – отношение нормального напряжения к относительному удлинению, вызванному этим напряжением в направлении его действия

$$E = \rho V_S^2 (3V_P^2 - 4V_S^2) / (V_P^2 - V_S^2)$$

изменяется в пределах $(0,03-16) \cdot 10^{10}$ Н/м²;

- коэффициент Пуассона ν – отношение поперечного сжатия тела при одноосном растяжении к продольному удлинению

$$\nu = (V_P^2 - 2V_S^2) / (V_P^2 - V_S^2)$$

изменяется в пределах 0,18-0,50

- модуль сдвига G – отношение касательного напряжения к величине угла сдвига, характеризующее способность тел сопротивляться изменению формы

$$G = \rho V_S^2 = E / 2(1 + \nu)$$

изменяется в пределах $(0,02-8) \cdot 10^{10}$ Н/м²

Продольные P волны распространяются быстрее поперечных S волн, что вытекает из отношения скоростей:

$$V_P / V_S = \sqrt{2(1 - \nu)(1 + 2\nu)}$$

Для сейсморазведки имеет значение волновое сопротивление среды (или акустическая жесткость) $A = \rho V$. На границах пород с разной акустической жесткостью упругие волны меняют свое направление, возникают явления отражения и преломления волн.

Распространение упругих волн в горных породах подчиняется принципам и законам геометрической сейсмики, общим с геометрической оптикой. Законы распространения фронтов волн в упругой среде выводятся из принципов Гюгенса-Френеля и Ферма. Основным законом геометрической сейсмики является закон преломления-отражения, который включает в себя два основных положения:

- 1) падающий, отраженный и преломленный лучи лежат в одной плоскости, совпадающей с нормалью поверхности раздела сред в точке падения луча;

- 2) углы падения α , отражения γ и преломления β связаны между собой соотношениями

$$\sin \alpha/V_1 = \sin \gamma/V_1 = \sin \beta/V_2, \text{ т.е. } \sin \alpha/V_1 = \sin \gamma/V_1,$$

$$< \alpha = < \gamma \text{ (закон отражения);}$$

$$\sin \alpha/V_1 = \sin \beta/V_2 \text{ или } \sin \alpha/\sin \beta = V_1/V_2 \text{ (закон преломления).}$$

Упругие колебания распространяются от источника во все стороны в виде фронтов волны и лучей. Если сейсмический луч попадает на границу двух сред с различными физическими свойствами ($V_1 \neq V_2$) он отражается и преломляется, при этом возникают различные типы сейсмических волн (прямые, отраженные, преломленные и т.д.). Основные типы сейсмических волн показаны на Рис. 29.

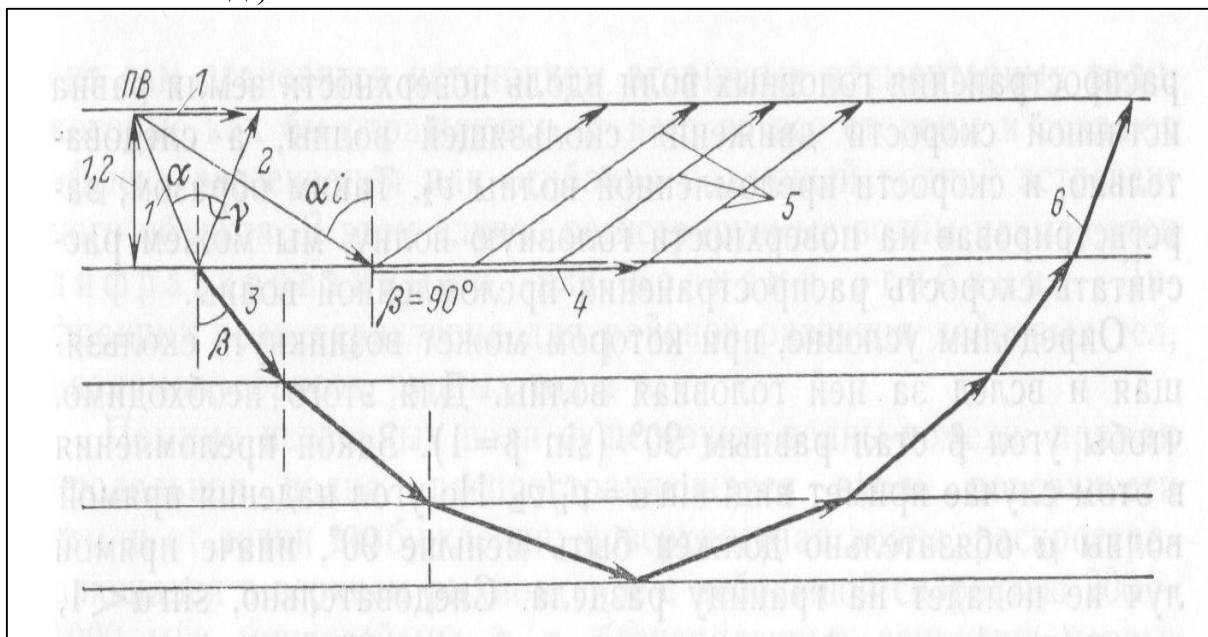


Рис.29. Основные типы сейсмических волн.

Волны: 1 – прямая; 2 – отраженная; 3 – преломленная (проходящая); 4 – скользящая (граничная); 5 – головная, используемая в методике преломленных волн; 6 – рефрагированная

Распространение упругих волн обычно наблюдают на земной поверхности вдоль профилей. С этой целью на пикетах профиля расставляют специальные приборы – сейсмоприемники, позволяющие фиксировать колебания почвы под ними. Сейсмоприемники улавливают колебания, вызванные одной или несколькими, следующими друг за другом волнами, и позволяют произвести записи этих колебаний. Записи колебаний от одного источника возбуждения сводят в сейсмограмму, пример которой показан на Рис.30.

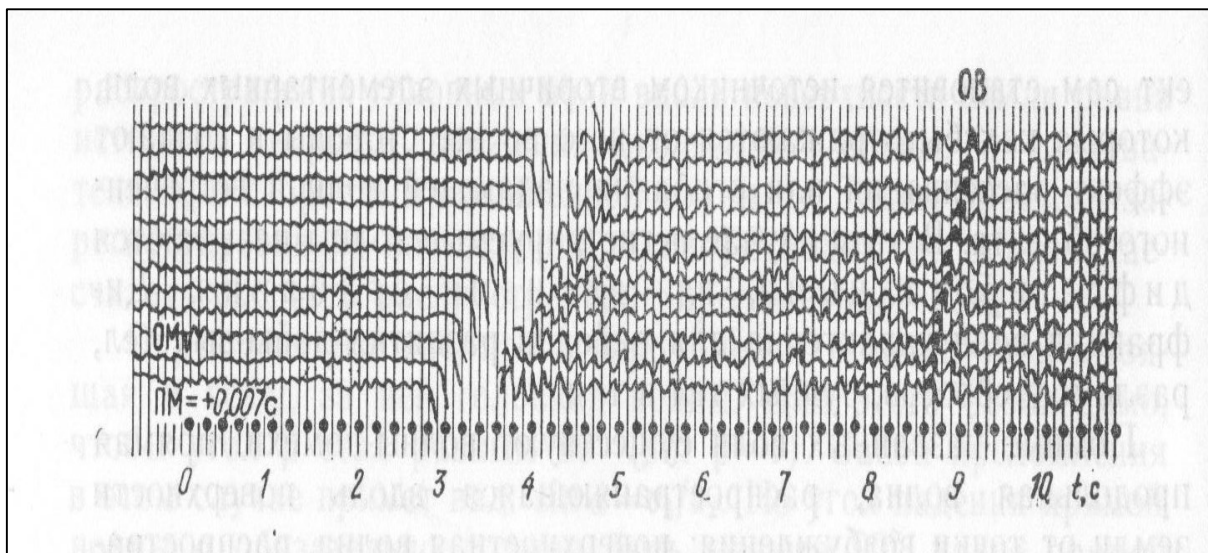


Рис.30. Сейсмограмма с записью отраженных волн:

ОМ – отметка момента взрыва; ПМ – поправка на момент взрыва; ОВ – коррелируемые отраженные волны

По форме записи на сейсмограмме выделяют колебания, обусловленные одной волной, и определяют время прихода к каждому сейсмоприемнику. Затем строят график зависимости времени прихода волны t от расстояния сейсмоприемников до пункта возбуждения упругой волны x , такой график называется годографом. Для построения годографа в горизонтальной оси откладывают расстояние x , а по вертикальной оси – время прихода волны t к каждому сейсмоприемнику. Через полученную систему точек проводят ломаную линию. Общий вид полученного годографа будет зависеть от типа волн и строения среды. Пример годографа прямой и преломленной волны для двухслойной среды и методы его интерпретации и пересчета в сейсмогеологический разрез показаны на Рис.31.

Основными методами сейсморазведки являются метод преломленных волн МПВ и метод отраженных волн МОВ, которые основаны на регистрации соответствующих упругих волн.

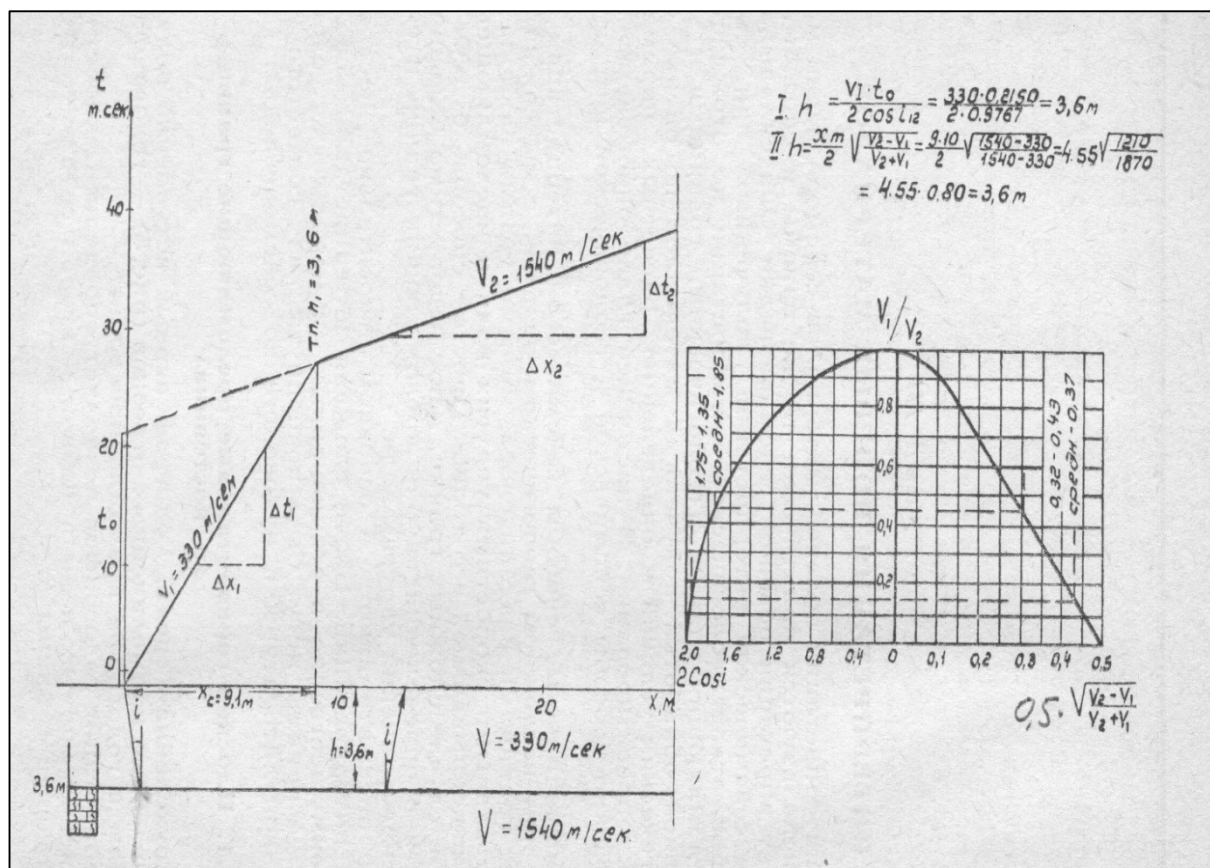


Рис.31. Интерпретация годографа первых вступлений волны Р для двухслойной среды.

На врезке графики значений $2 \cos i$ и $0,5 \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$ в функции от V_1/V_2

Метод преломленных волн МПВ основан на регистрации продольных и поперечных волн, формирующихся в разрезах, где наблюдается увеличение скоростей с глубиной ($V_1 < V_2 \dots < V_n$). Благоприятным для применения МПВ являются горизонтально слоистые среды, характеризующиеся большой дифференциацией по скоростям. Этот метод является основным при инженерных изысканиях, при определении глубины залегания подземных вод и при изучении упругих свойств грунтов.

Метод отраженных волн МОВ основан на регистрации упругих волн, отраженных от достаточно протяженных границ с различной акустической жесткостью. Этим границам обычно соответствуют литологические и тектонические поверхности разделов геологических сред. При измерениях по методу МОВ изучаются кинематические (времена прихода, скорости распространения) и динамические (амплитуды, частоты) характеристики отраженных волн. Полевые исследования выполняются по протяженным профилям с системой многократных перекрытий. Обработка данных МОВ выполняется на компьютерах по специальной программе, окончательный результат обработки представляется в виде сейсмогеологических разрезов 2D или пространственных картин 3D расположения отражающих поверхностей.

Задание 3. Построение и интерпретации годографа 3-х слойной среды.

Используя пример показанный на Рис.31 и данные приведенные в таблице 6 постройте годограф $t=f(l)$, выделите по годографу слои с разной скоростью прохождения продольных волн, рассчитайте глубину залегания границ между выделенными слоями и постройте сейсмогеологический разрез.

Таблица 6

Варианты	Время t, мс, прохождения продольных Р-волн при базе измерений l, м														
	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	25	30	35	40	50	60
1	0	6	12	18	25	32	38	44	50	54	58	62	65	69	73
2	0	10	20	30	40	47	53	60	66	79	90	93	96	101	107
3	0	13	26	38	50	63	75	82	88	100	112	126	129	137	145
4	0	17	31	51	66	73	80	87	94	108	121	135	138	144	150
5	0	11	22	33	44	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
6	0	8	16	24	32	38	44	50	56	62	67	72	77	82	87
7	0	18	36	54	72	82	92	102	109	116	123	127	134	141	148
8	0	16	32	48	64	80	91	102	113	120	127	134	141	148	155
9	0	5	10	15	20	25	28	31	34	37	40	42	44	46	48
10	0	9	18	27	36	45	50	55	60	65	70	73	76	79	81
11	0	12	24	36	48	60	68	76	84	92	100	104	108	112	120
12	0	25	50	75	100	125	135	145	155	165	175	180	185	190	195
13	0	33	66	99	132	165	180	195	210	225	240	250	260	270	280
14	0	20	40	60	80	100	110	120	130	140	150	155	160	165	170
15	0	7	14	21	28	35	40	45	50	55	60	63	66	69	72
16	0	15	30	45	60	75	83	91	99	107	115	119	123	127	131
17	0	26	52	78	104	130	144	158	172	186	200	205	210	215	220
18	0	19	38	57	76	95	105	115	125	135	145	151	157	163	169
19	0	28	56	84	112	140	151	162	173	184	195	201	207	213	219
20	0	32	64	96	128	160	180	200	220	240	260	271	282	293	304
21	0	4	8	12	16	20	23	26	29	32	35	37	39	41	43
22	0	31	62	93	124	155	175	195	215	235	255	263	271	279	287
23	0	14	28	42	56	70	78	86	94	102	110	115	120	125	130
24	0	21	42	63	84	105	118	131	144	157	170	176	182	188	194
25	0	29	58	87	116	145	160	175	190	205	220	228	236	244	252
26	0	22	44	66	88	110	120	130	140	150	160	166	172	178	184
27	0	30	60	90	110	140	152	164	176	188	200	205	210	215	220
28	0	23	46	69	92	115	124	133	142	151	160	164	168	172	176
29	0	27	54	81	108	135	151	167	183	199	215	224	233	242	251
30	0	24	48	72	96	120	134	148	162	176	190	198	206	214	222

Примечание: время в таблице миллисекундах $1 \text{ мс} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ с}$

Работа выполняется индивидуально, каждым студентом.

Задание 4. Определение длины свай с использованием сейсмоакустического тестера свай РЕТ.

Для проведения этой практической работы выбирается свайный фундамент (свая) любого сооружения, расположенного вблизи или на территории комплекса зданий МГСУ.

Используя портативный тестер свай РЕТ, описание и приемы работы с которым детально описаны ниже учебная группа студентов разделенная на бригады под руководством преподавателя определяет качество бетона и длину обследуемой сваи.

Акустический тестер РЕТ измеряет длину и проверяет сплошность свай.

РЕТ использует эхо-метод (РЕМ) для быстрого контроля качества свай. На сваю передается серия ударных импульсов с помощью специального легкого молотка. Отраженные волны улавливаются ультразвуковым датчиком, оцифровываются и анализируются акселерометром прибора. После дополнительной автоматической обработки сигналов выводится информация о длине и сплошности тела сваи.

После ввода исходных данных, во время проведения контроля пользователь уже видит фактические координаты дефектов и длины сваи в метрической системе координат!

РЕТ полностью соответствует международному стандарту ASTM D5882.

По выбору пользователя возможны две модификации прибора: USB-PET и Bluetooth-PET. USB больше подходит для ноутбуков и портативных ПК. Bluetooth модель способна работать с карманными ПК. Позволяет проводить контроль при любых погодных условиях, на удалении до 100м от сваи.

Комплектация приборов состоит из двух типов программного обеспечения: для ПК и для КПК.

Обе версии включены в базовый комплект поставки, что обеспечивает полную совместимость системы.



III. 2.1.6. Основы радиометрии

Радиометрические методы изучают естественную и искусственную радиоактивность горных пород, строительных материалов и конструкций. В инженерной геологии наиболее широко используются: гамма-гамма метод (ГГМ) для определения плотности горных пород; нейтрон-нейтронный метод (ННМ) для определения влажности горных пород и метод измерения естественной радиоактивности для определения абсолютного возраста горных пород, определения глинистости в массиве горных пород и решения ряда экологических задач при инженерно-геологических изысканиях в строительстве.

Способность атомных ядер некоторых элементов самопроизвольно испускать гамма, бета и альфа частицы называется естественной радиоактивностью. К таким веществам относятся уран U_{92} , торий Th_{90} и радий Ra_{88} . Перечисленные вещества при этом сами превращаются в другие, например, конечным продуктом распада урана является свинец.

Превращение радиоактивных веществ, происходит по определенному закону. Если принять число ядер радиоактивного вещества в какой-то первоначальный момент времени за N_0 , то оставшееся число ядер N в момент времени t определяется зависимостью:

$$N = N_0 e^{\lambda t} = N_0 2^{-t/T},$$

здесь λ – постоянная распада показывающая вероятность распада одного ядра за одну секунду; T – период полураспада, т.е. время в течение которого распадается в среднем половина ядер вещества. Из этого следует, что:

$$\lambda = 1/\tau = 0,693/T,$$

где τ – продолжительность жизни ядра обратно пропорциональная постоянной распада.

Радиоактивные превращения не зависят от внешних условий: температуры, давления, химических связей и др., т.е. они не могут оказать влияние на постоянную распада λ . Таким образом величина λ может быть мерой времени жизни веществ, в которых содержатся природные или искусственные радиоактивные элементы.

В настоящее время, кроме урана, тория и радия известно около тысячи веществ, обладающих искусственной радиоактивностью, которые называются изотопами. Количественно радиоактивность конкретного вещества определяется числом распадов за единицу времени (A) – эта величина называется беккерелем (Бк). Однако при изучении радиоактивности горных пород используют удельную радиоактивность – это радиоактивность, отнесенная к единице массы, объема или площади: Бк/кг, Бк/м³, Бк/м².

В радиометрии широко используют величину равную энергии излучения, поглощенной единицей массы данного вещества. Она называется поглощенной дозой излучения (дозой облучения). В системе СИ это величина измеряется в греях; 1 Гр равен такой дозе излучения, при которой вещество массой 1 кг поглощает энергию ионизирующего излучения мощностью в 1 Дж; 1 Гр=1 Дж/кг=10⁷эрг/кг=10²рад (используют на практике).

Обычно используют величину дозы излучения в единицу времени, которая называется мощностью поглощенной дозы. Единицей её измерения является Гр/с.

Интенсивность гамма-излучения принято характеризовать экспозиционной дозой фотонного излучения, за величину которого принять кулон на килограмм. 1 Кл/кг – это такая доза, при которой сумма зарядов всех созданных ионов одного знака в 1 кг воздуха равна 1 Кл. На практике используют единицу экспозиционной дозы излучения рентген:

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг.}$$

Мощность экспозиционной дозы фотонного излучения – это доза способная создать заряд в 1 Кл в 1 кг воздуха за 1 с. Она измеряется в амперах (А) на килограмм $\text{Кл}/(\text{кг} \cdot \text{с}) = \text{А}/\text{кг}$, $1 \text{ мкР} = 0,07 \text{ мкА}/\text{кг}$.

Определение возраста горных пород.

Поскольку период полураспада T , веществ обладающих естественной и искусственной радиоактивностью (изотопов) величина постоянная. Это обстоятельство позволяет использовать радиометрический метод для определения абсолютного возраста горных пород и других веществ. Этот метод основан на изучении степени разложения (распада) радиоактивных элементов, которые обычно присутствуют во всех горных породах. Например, для изучения возраста магматических пород, используется свинцовый метод. Известно, что конечным продуктом распада урана является свинец. Вычислено, что в год из 100 г урана получается $1/79000000$ г свинца, следовательно что для образования 1 г свинца из 100 г урана требуется 79 млн.лет. А. Холмс предложил следующую приближенную формулу для определения возраста магматических пород

$$t = 7,22 \cdot 10^6 \text{ Pb/U} + 0,58 \text{ Pb, лет,}$$

где U и Pb найденные в породе весовые количества этих элементов.

Определение плотности горных пород.

Для определения плотности горных пород используется гамма-гамма метод ГГМ, который основан на рассеянии и ослаблении гамма-излучения на электронах атомов вещества, пронизываемого гамма-излучением. Источником гамма квантов в этом методе обычно является цезий-137. Используются два способа определения плотности: просвечивания (метод ослабления первичного гамма-излучения) и метод рассеивания первичного излучения. В обоих случаях измеряется плотность потока, или интенсивность (прошедших или рассеянных) через вещество гамма квантов. Плотность определяется пересчетом по градуировочной зависимости в соответствии с ГОСТ 23061.

Определение влажности горных пород.

Для определения влажности горных пород используется нейтрон-нейтронный метод ННМ, который основан на эффекте замедления быстрых нейтронов на атомах водорода и заключается в регистрации потока замедленных надтепловых и тепловых нейтронов. В данном методе используются плутониево-бериллиевый источник быстрых нейтронов и гелиевый или сцинтилляционный счетчик в качестве детектора медленных нейтронов. Методика и требования к соблюдению мер безопасности при работе и градуировки приборов регламентируются ГОСТ 2306.

Определение глинистости дисперсных горных пород.

Для определения глинистости дисперсных горных пород используется метод измерения естественной радиоактивности. Этот метод основан на зависимости естественного гамма-излучения от содержания глинистой фракции в горных породах. Для расчета содержания глинистой фракции b используются корреляционные связи интенсивности естественного гамма-излучения P с величиной глинистости b . Естественная радиоактивность измеряется в соответствии с ГОСТ 25260.

Задание 5. Выявление и оценка опасности радиационного загрязнения грунтов в пределах строительной площадки.

Радиометрические исследования площадки проектируемого строительства выполнены для выявления и оценки опасности источников радиационного загрязнения, для решения вопроса о возможности перемещения и использования грунта, вынимаемого при строительстве сооружений и инженерных коммуникаций.

Методика проведения измерений и отбора проб.

Измерения внешнего гамма-излучения проводятся методом пешеходной гамма-съемки по Z-образным пешеходным маршрутам на расстоянии 2 м между ними дозиметром-радиометром ДСК-96, который используется в режиме прослушивания звукового сигнала для обнаружения зон с повышенным гамма-фоном. Измерение мощности эффективной дозы МЭД внешнего гамма-излучения проводится дозиметром гамма-излучения ДКГ-02У в контрольных точках на высоте 0,1 м от поверхности земли по сети 10х10 метров в пределах изучаемой территории.

Измерения удельной активности радионуклидов поверхностного слоя почвы в пределах строительной площадки проведены путем отбора проб грунта из закопашек глубиной 0,2 м контрольных точках, расположенных по углам и в центре площадки. Для измерения удельной активности естественных (ЕРН) и техногенных (ТРН) радионуклидов в пробах грунта использован двухканальный гамма-спектрометр «МУЛЬТИРАД-гамма» которым располагает МГСУ.

Измерения плотности потока радона производится в контрольных расположенных по сети 10х10 метров в пределах территории проектируемой застройки. Измерения проводятся методом экспонирования накопительных камер с сорбентом радона (активированным углем марки СКТ-3С по ТУ 6-16-1158-67) с последующим определением величины потока радона на многофункциональном измерительном комплексе «КАМЕРА-01», которым располагает МГСУ. Измерительный комплекс «КАМЕРА-01» по величине активности гамма-излучения дочерних продуктов радона, поглощенного сорбентом за время экспонирования (4 часа) определяет величину потока радона. В каждой контрольной точке устанавливается по одной камере.

Точки измерения МЭД, измерения плотности потока радона и места отбора проб для определения удельной активности естественных и техногенных радионуклидов методом гамма-спектрометрического анализа приводятся на карте-

схеме фактического материала Рис.32, а полученные результаты измерения в ниже приведенных протоколах.

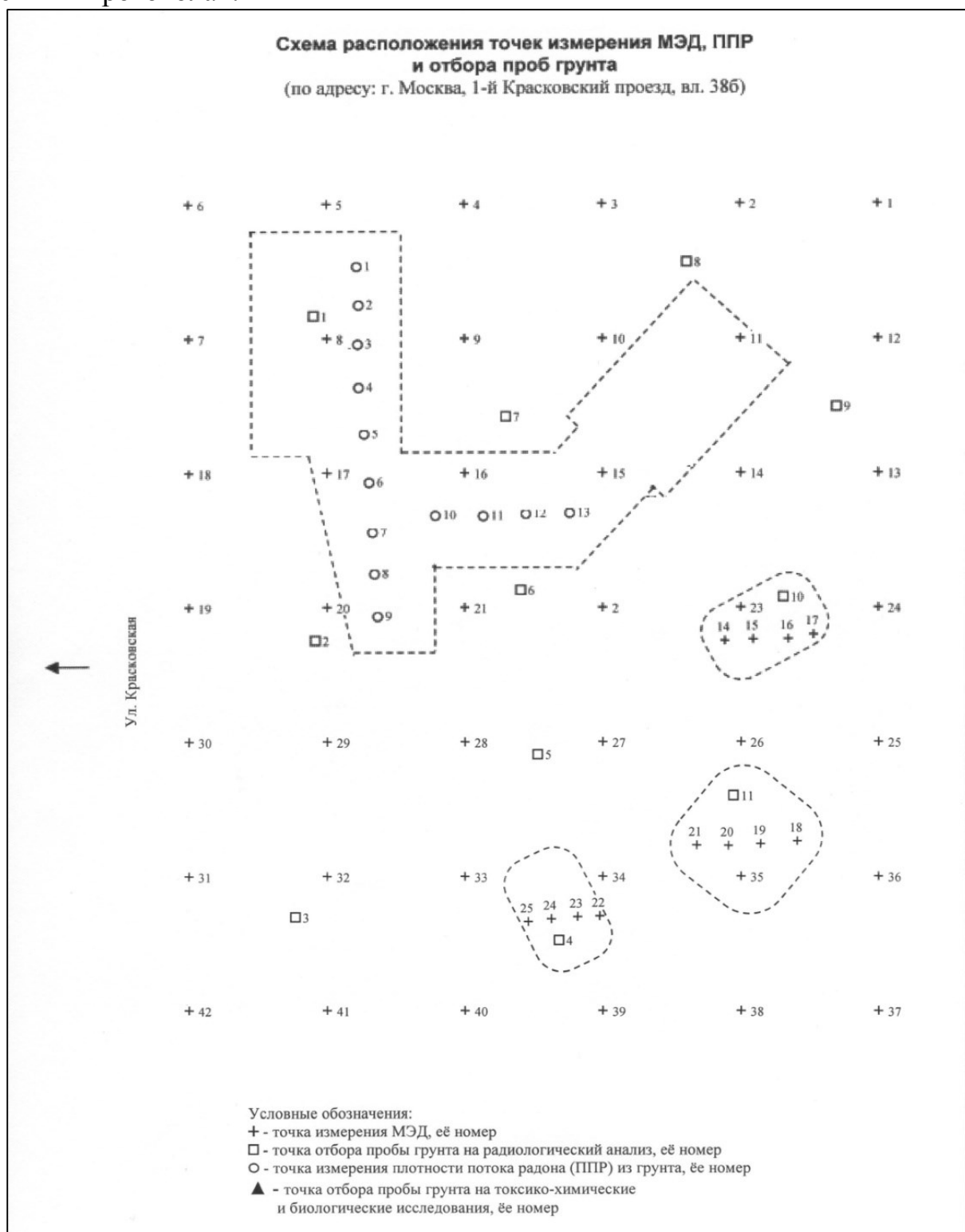


Рис.32. Схема расположения точек измерения МЭД, ППР и отбора проб грунтов

Выводы по результатам радиационных исследований.

1. Мощность эффективной дозы МЭД внешнего гамма-излучения на участке строительства не превышает допустимых уровней (0,3мкЗв/ч) установленных

Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010 (п.5.1.6).

2. Значения эффективной удельной активности $A_{\text{эфф}}$ естественных и техногенных радионуклидов в поверхностных пробах грунта на участке строительства не превышают допустимых уровней (370 Бк/кг) установленных Нормами радиационной безопасности НРБ-99/2009 (п.5.3.4). Для естественных радионуклидов $A_{\text{эфф}}$ составляет от 69 до 104 Бк/кг (в среднем 85 Бк/кг), а для техногенных по изотопу цезия Cs-137 изменяется от 0,0 до 1,6 Бк/кг (в среднем 0,3 Бк/кг). Других техногенных радионуклидов не обнаружено.

3. По значениям радиационно-опасных факторов грунт может вывозиться и использоваться без ограничений.

4. Плотность потока радона ППР на обследованном участке не превышает допустимого уровня (80 мБк/м²с) установленного ОСПОРБ-99/2010 (п.5.1.6) для участков строительства зданий и сооружений жилищного и общественного назначения. Установлено, что предельные средние арифметические значения плотности потока радона не превышают 25 мБк/м²с, поэтому мероприятия по противорадоновой защите здания не требуются.

Работа выполняется коллективно, одной учебной группой студентов, разделенной на три бригады в соответствии с видами радиометрических измерений. Работа с радиационной аппаратурой осуществляется под руководством преподавателя. Определения эффективной удельной активности $A_{\text{эфф}}$ естественных и техногенных радионуклидов в поверхностных пробах грунта и плотности потока радона ППР проводится специалистами в соответствующих лабораториях МГСУ.

**Протокол № 1/13 от 26 марта 2013 г.
измерения мощности эффективной дозы (МЭД)
внешнего гамма-излучения**

1. Наименование объекта: участок строительства учебного корпуса МГСУ
2. Место проведения измерений: г. Москва, Ярославское ш. д.26
3. Площадь исследованного участка 100 м².
4. Измерения проводились пешеходным методом, сеть измерений 10X10 м.
5. Места точек измерения МЭД гамма-излучения указаны на плане.
6. Измерения проводились приборами:
дозиметр-радиометр ДКС-96 №1577, свидетельство о госповерке №0412-120329.51
действительно до 29.03.2014 г
дозиметр ДКГ-02У, №016И, свидетельство о госповерке №0412-120329.52
действительно до 29.03.2013 г.

Результаты измерений

Номер точки	МЭД
1	0,12
2	0,13
3	0,15
4	0,14
5	0,13
6	0,17
7	0,12
8	0,1
9	0,15
10	0,13

Измерения проводил
инженер лаборатории радиационного контроля _____ Ф.П. Зубрилин

Общее количество точек измерения	100
МЭД минимальное значение	0,10 мк³В/ч
МЭД максимальное значение	0,20 мк³В/ч
Гигиенический норматив	0,3 мк³В/ч
МЭД среднее значение	0,12 мк³В/ч
Погрешность измерения	+30%

Начальник лаборатории радиационного контроля: студент Т.Н. Скворцов

Протокол № 2/13 от 26 марта 2013 г.
гамма спектрометрического исследования поверхностных грунтов

1. Наименование объекта:

1. Наименование объекта: участок строительства учебного корпуса МГСУ.
2. Место отбора проб: г. Москва, Ярославское ш. д.26
3. Дата отбора проб: 26 марта 2013 г.
4. Места отбора проб указаны на плане.
5. Исследования проводились на двухканальном гамма-спектрометре "МУЛЬТИРАД-гамма", №0808, свидетельство о госповерке №3058096/13 2193, действительно до 01.07.2013 г.

Результаты измерений, Бк/кг

Номер пробы	Глубина отбора, м	Наименование грунта	Удельная активность ЕРН в грунтах, Бк/кг			Удельная эффективная активность, Аэфф., Бк/кг	Удельная активность Cs-137 в грунтах, Бк/кг
			Ra-226	Th-232	K-40		
1	0,0-0,2	ПРС, суглинок	15 ± 5	28 ± 7	350 ± 78	83 ± 14	0,0 ± 2,3
2	0,0-0,2	ПРС, суглинок	12 ± 4	31 ± 7	413 ± 102	89 ± 15	0,5 ± 2,5
3	0,0-0,2	ПРС, суглинок	16 ± 5	31 ± 8	395 ± 94	92 ± 15	0,3 ± 2,6
4	0,0-0,2	ПРС, суглинок	17 ± 5	25 ± 8	401 ± 99	86 ± 14	0,0 ± 3,3
5	0,0-0,2	ПРС, суглинок	16 ± 5	33 ± 9	412 ± 106	96 ± 16	0,0 ± 3,0

Измерения проводил
инженер лаборатории радиационного контроля _____ А.Ю. Чернявский

Удельная активность, Бк/кг	Ra-226	Th-232	K-40	Аэфф.	Cs-137
Минимальное значение	12	20	287	69	0,0
Максимальное значение	20	37	429	104	1,6
Среднее значение	16	28	367	85	0,3
Гигиенический норматив			370		

Начальник лаборатории радиационного контроля _____ Т.Н. Скворцов

**Протокол № 3/13 от 26 марта 2013 г.
измерения плотности потока радона (ППР)**

1. Наименование объекта: участок строительства учебного корпуса МГСУ
2. Место проведения измерений: г. Москва, Ярославское ш. д.26
3. Условия проведения измерений: температура -8С, атмосферное давление 748 мм рт. ст.
4. Сеть измерений 10х10 м.
5. Места точек измерения ППР указаны на плане.
6. Исследования проводились на многофункциональном измерительном комплексе «КАМЕРА» №138, свидетельство о госповерке №3089191/133719, действительно до 13.09.13г.

Результаты измерений

Номер точки	Плотность потока радона (ППР) в контрольной точке	
	ППР _{i,k} , мБк /м ² с	± Δ _{i,k} , мБ/м ² с
1	19	±4
2	25	±5
3	37	±7
4	17	±4
5	24	±4
6	29	±4
7	30	±5
8	21	±5
9	27	±4
10	26	±4

Измерения проводил инженер лаборатории радиационного контроля _____ Ф.П. Зубрилин

Количество контрольных точек	150
Среднее значение ППР ср.	24 мБк/м²с
Диапазон варьирования ППРк	от 15 до 37 мБк/м²с
Коэффициент вариации значений ППРк	v=0,22
Среднее квадратичное отклонение значений	δ =0,01
ППР ср (1+2δ)	25 мБк/м²с
Гигиенический норматив	80 мБк/м²с

Начальник лаборатории радиационного контроля _____ Т.Н. Скворцов

III.2.2 Исследование грунтов методом зондирования

При проведении инженерно-геологических изысканий на территориях сложенных песчаными и глинистыми грунтами для установления изменения геологического строения по глубине, то есть выявления глубины залегания и мощности грунтов, отличающихся по литологическому составу, свойствам и состоянию, то есть плотности, прочности, деформационным свойствам, консистенции и однородности применяются полевые методы зондирования.

Зондирование основано на погружении наконечника-зонда, на глубину, большую его высоты.

Зондирование – это полевой экспресс-метод косвенного, то есть не непосредственного, определения геологического строения грунтовой толщи участка, состояния и свойств грунтов. Поэтому для интерпретации его результатов, особенно на начальных этапах изысканий, оно должно обязательно сочетаться с выполнением буровых работ, отбором образцов грунта с последующим лабораторным определением их состава, состояния и свойств. Использование зондирования на последующих этапах изысканий, как самостоятельного метода, позволяет повысить детальность ранее выполненных работ.

В настоящее время при инженерно-геологических изысканиях широко применяются методы статического, динамического, электро-динамического зондирования и (редко) зондирования грунтоносом пробоотборником.

III.2.2.1. Исследование грунтов методом статического зондирования

Цель и результаты работы

Цель работы – ознакомиться с сущностью метода, его назначением, областью применения, используемым оборудованием, методикой обработки результатов и установлением характеристик свойств грунтов.

Отчётные материалы по работе:

1. Краткие сведения и методе.
2. Сведения об используемом оборудовании
3. Графический и табличный материал результатов обработки данных испытания грунтов статическим зондированием

Основные положения метода

Статическое зондирование грунтов заключается в погружении (задавливании) домкратами статического зонда с одновременным измерением (непрерывно или через заданные по глубине интервалами) значений сопротивлений грунта под наконечником (q_c) и по боковой поверхности зонда (f_s). В соответствии с ГОСТ 19912-2001 рекомендуется использовать зонды трёх типов (Рис.33).

Зонд первого типа с наконечником в виде конуса (1) и кожуха (2) позволяет измерять сопротивление грунта под конусом и общее сопротивление под конусом и по боковой поверхности зонда. Зонд второго типа с наконечником в виде конуса (1) и муфты трения (4), а также зонд третьего типа с наконечником в виде конуса (1),

муфты трения (4) и уширителя (5) позволяют отдельно измерять сопротивление грунта под конусом и по боковой поверхности (муфте трения) зонда. Для всех типов зондов площадь основания конуса составляет 1000 мм^2 , а величина угла при вершине конуса 60° .

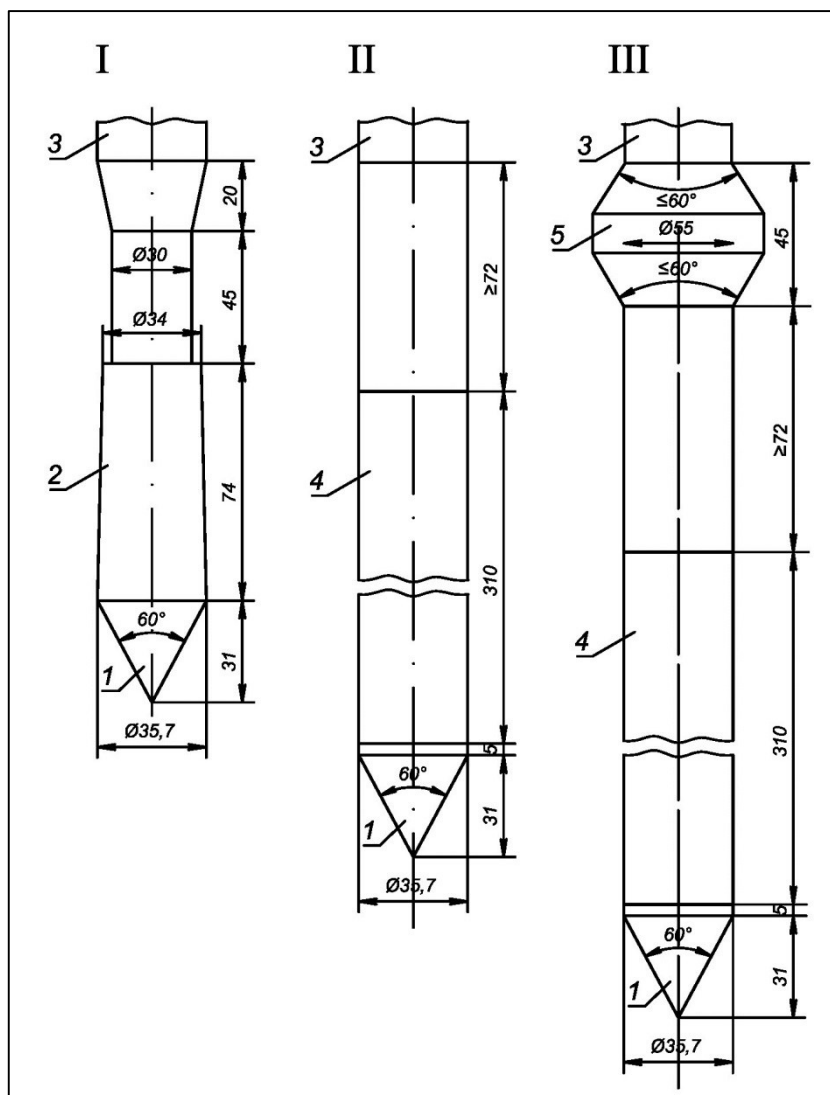


Рис.33. Зонды для статического зондирования I, II и III типа
1 – конус; 2 – кожух; 3 – штанга; 4 – муфта трения; 5 – уширитель

В процессе погружения зонда измеряют следующие параметры:

- удельное сопротивление грунта погружению конуса (лобовое сопротивление) q_c , МПа;
- сопротивление трению по боковой поверхности муфты трения f_s , МПа;
- общее сопротивление зондированию F_{sr} , МПа.

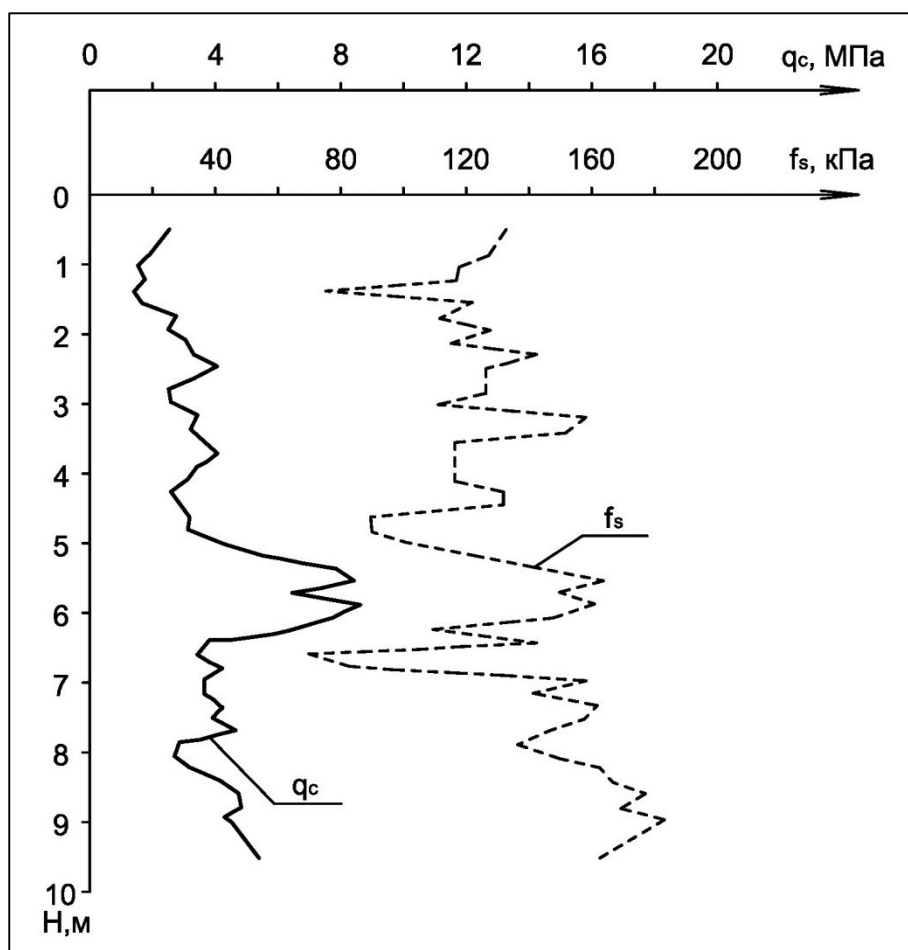


Рис.34. Изменение q_c и f_s по глубине погружения зонда.

Запись сопротивлений и средства передачи информации от головки зонда к регистрирующим приборам осуществляется электрическими, механическими и гидравлическими (или пневматическими) устройствами. Результаты испытаний представляют в виде двух графиков (Рис.34) изменения с глубиной (H , м) лобового сопротивления (q_c , МПа) и сопротивления трению по боковой поверхности муфты (f_s , МПа). Изменяемые с глубиной H показатели (q_c и f_s) позволяют разделить всю исследуемую толщу основания будущих сооружений на интервалы с различным литологическим составом или состоянием грунтов и рассчитать для них прочностные и деформационные характеристики. По результатам зондирования в двух точках, т.е. по отношению значений q_c для грунта природной влажности и предварительно замоченного через дренажную скважину, устанавливают степень снижения прочностных свойств грунта от замачивания K_z и определяется его относительная просадочность.

Современные установки для статического зондирования, например ФУГРО (Нидерланды) (Рис.35), смонтированной на большегрузном автомобиле УРАЛ, оснащённом четырьмя независимыми гидроцилиндрами для выравнивания и вывешивания её в горизонтальной плоскости.



Рис.35. Установка статического зондирования.

Основные характеристики установки приведены в таблице (таблица 7). В установке ФУГРО применяется зонд второго типа.

Конструкция зонда данной установки и регистрирующая электронная аппаратура позволяет кроме сопротивлений q_c и f_s получать значения порового давления (U_2 , МПа) и показателя трения (R_f , %). Кроме того, используемые для сбора и обработки данных программы фирмы ФУГРО позволяют оценить величину сопротивления сдвигу недренированного грунта (C_r , кПа) и относительную плотность его сложения (D_r), угол внутреннего трения (ϕ , град) и модуль деформации (E , МПа). Пример обработки результатов испытания грунтов статическим зондированием установкой ФУГРО приведён на Рис.36.

Основные характеристики установки статического зондирования ФУГРО (Нидерланды)

ОПИСАНИЕ	ПРИМЕЧАНИЯ
Задавливающий агрегат	Гидравлический силовой агрегат с номинальным усилием вдавливания 200 кН, обеспечивающий непрерывное погружение или извлечение штанг на 1 м без перехвата штанги.
Установка задавливающего агрегата	Гидравлический силовой агрегат монтируется на транспортные средства, оснащенные выравнивающим комплексом (комплект автотриггеров, гидроцилиндры или др.)
Оборудование, воспринимающее реакцию	Задавливающий агрегат, транспортное средство и балласт - общей массой 21 т.
Штанги зондирования	Ø 36 мм ВД (внешний диаметр).
Обсадные трубы	Ø 56 мм ВД и Ø 73 мм ВД.
Уменьшитель трения	Применялся.
Тип пенетрометра F7.5CKENW2/B	Цифровой конический пенетрометр, оснащенный пьезометрическим датчиком, нагрузка датчиков 75 кН (150 кН при перегрузке), нагрузка датчика порового давления 2,5 МПа (10 МПа при перегрузке), металлический высокой плотности фильтр в цилиндрическом углублении выше основания конуса, ненаправленный инклинометр, основание конуса 1500 мм ² , площадь муфты трения 20000 мм ² , а = 0,58.
Тип пенетрометра F5CKENW2/B	Цифровой конический пенетрометр, оснащенный пьезометрическим датчиком, нагрузка датчиков 50 кН (100 кН при перегрузке), нагрузка датчика порового давления 2,5 МПа (15 МПа при перегрузке), металлический высокой плотности фильтр в цилиндрическом углублении выше основания конуса, ненаправленный инклинометр, основание конуса 1000 мм ² , площадь муфты трения 15000 мм ² , а = 0,75. <i>Конические пенетрометры, применяемые на территории РФ, сертифицированы по типу преобразователей измерительных AFCKE и внесены в Государственный реестр средств измерений Государственным комитетом Российской Федерации по стандартизации и метрологии (регистрационный номер 25103-03).</i>
Измерительная система	Используется для сбора и отображения информации. В процессе зондирования частота регистрации данных составляла 1 Гц.

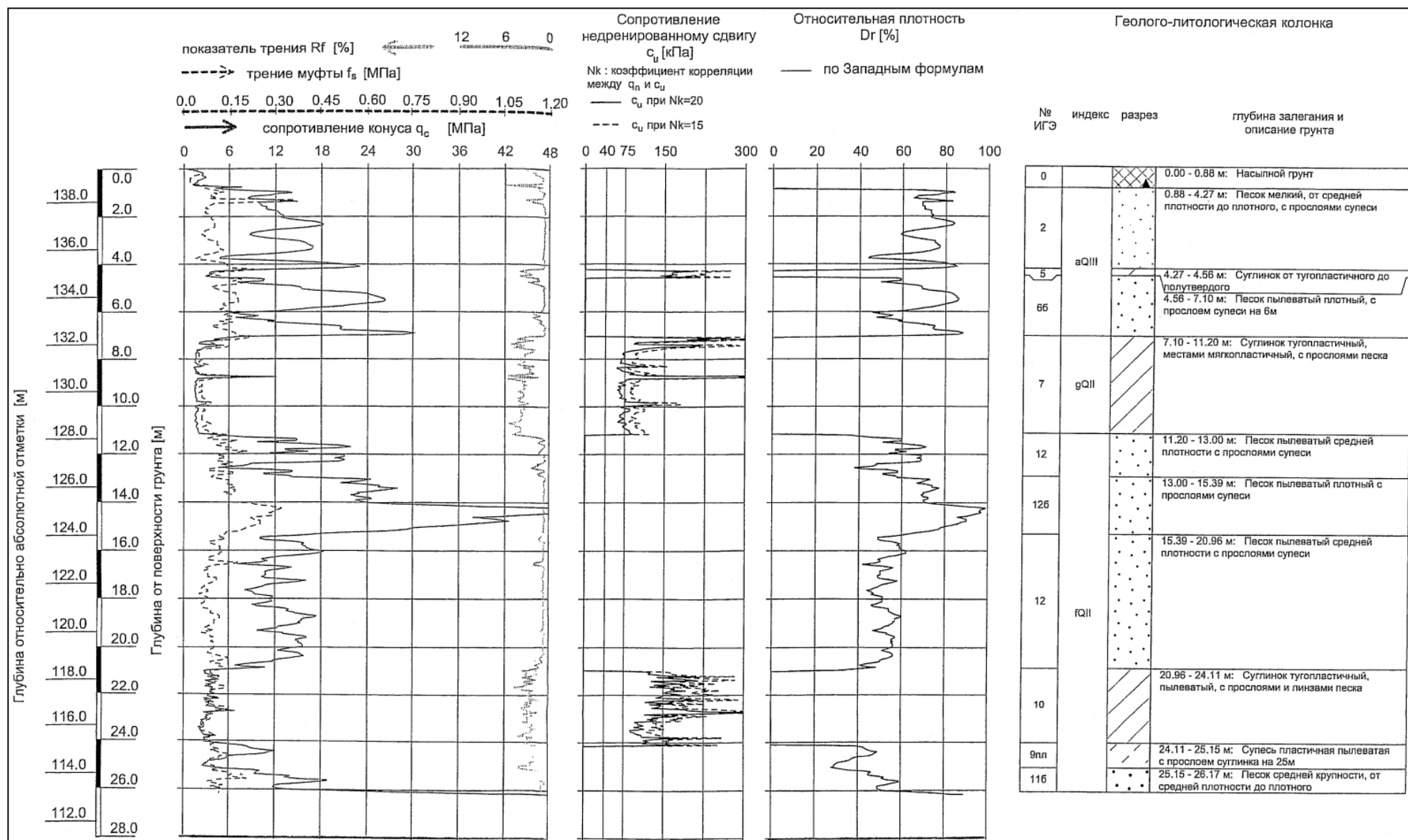


Рис.36. Пример обработки результатов испытания грунтов методом статического зондирования.

Кроме того, испытания грунтов статическим зондированием позволяют установить сопротивление грунтов под сваей и по её боковой поверхности, т.е. достаточно точно определить несущую способность свай без проведения дорогостоящих и трудоёмких испытаний свай статической нагрузкой.

Выявление условий залегания грунтов основания, выделение инженерно-геологических элементов и определение свойств грунтов осуществляется путём совместного выполнения и рассмотрения результатов зондирования, проходки скважин и лабораторных исследований грунтов. Изменение состава, состояния и свойств грунтов основания по глубине по результатам статического зондирования характеризуется значительными изменениями удельного сопротивления под наконечником зонда q_c между границами различных слоёв грунтов. При этом при переходе от песчаных грунтов к пылевато-глинистым наблюдается увеличение угла наклона графика к оси ординат, а от пылевато-глинистых к песчаным – уменьшение этого угла.

Применение зондов первого и второго типов, позволяющих отдельно определять q_c и f_s , даёт возможность предварительно оценить разновидность исследуемых грунтов в зависимости от отношения f_s / q_c , называемого показателем трения (R_f , %) (таблица 8).

Таблица 8

Выделение разновидностей грунтов по результатам статического зондирования

Показатель трения, R_s , %	< 2	2-3	> 3
Разновидность грунта	песок	супесь	суглинок и глина

Предварительная оценка плотности сложения песков и консистенции глинистых грунтов проводится по величине значений показателей лобового сопротивления (q_c , МПа) с использованием соответствующих таблиц приводимых в нормативных документах СП 11-105-97, МГСН 2.07-97 (МГСН 2.07-01) (таблицы 9 и 10).

Таблица 9

Плотность сложения песков крупных, средней крупности и мелких независимо от влажности

Глубина зондирования, м	Значения q_c , МПа, для песков		
	Плотных	Средней плотности	Рыхлых
3 и менее	Более 7	От 2,5 до 7 включ.	Менее 2,5
5 - 10	Более 10	От 3 до 10 включ.	Менее 3
10 и более	Более 15	От 5 до 15 включ.	Менее 5

Примечание. Для промежуточных глубин зондирования значения q_c определяются по интерполяции.

Таблица 10

Консистенция глинистых грунтов (для предварительной оценки)

Значения q_c , МПа	Консистенция
	Суглинки и глины
0,7 - 1,0	Мягкопластичная
1,0 - 2,5	Тугопластичная
2,5 - 5,0	Полутвёрдая
> 5,0	Твёрдая

Для установления нормативных значений показателей прочностных (φ , c) и деформационных (E) характеристик грунтов указанные выше нормативные документы рекомендуют таблицы 11, 12, 13, 14.

Таблица 11

Нормативные значения угла внутреннего трения φ^0 песков

Глубина зондирования, м	Значения φ^0 при q_c , МПа, равном						
	1	2	3	4	5	6	10 и более
2	30	32	34	36	38	40	42
5 и более	28	30	32	34	36	38	40

Таблица 12

Нормативные значения угла внутреннего трения φ^0 и удельного сцепления c суглинков и глин ледникового комплекса

Значения q_c , МПа	Значения φ^0 и c , кПа, для грунтов							
	Моренных, озёрно-ледниковых и покровных				Флювиогляциальных			
	Суглинки		Глины		Суглинки		Глины	
	φ^0	c , кПа	φ^0	c , кПа	φ^0	c , кПа	φ^0	c , кПа
1	15	22	13	35	14	20	12	29
2	17	43	16	57	16	35	15	46
3	20	63	19	79	19	50	18	63
4	23	83	22	101	22	65	21	80

Таблица 13

Нормативные значения угла внутреннего трения φ^0 и удельного сцепления c четвертичных суглинков и глин (кроме грунтов ледникового комплекса)

Характеристика	Значения φ^0 и c , кПа, при q_c , МПа, равном				
	1	2	3	4	5
φ^0	20	21	22	23	24
c , кПа	25	28	32	35	40

Нормативные значения модуля деформации E в зависимости от q_c

Грунты	Значения E , МПа в зависимости от q_c , МПа
Пески: 1. Современные аллювиальные ($a-Q_4$) и озёрно-болотные (l_1h-Q_4) 2. Древнеаллювиальные ($a-Q_3$), флювиогляциальные ($f-Q_2$) и внутриморенные	$E = 3q_c$ $E = 2,5q_c + 10$
Суглинки и глины: 1. Современные аллювиальные ($a-Q_4$) и озёрно-болотные (l_1h-Q_4) 2. Покровные ($Pr-Q_{2-3}$), озёрно-болотные (l_1h-Q_3) и озёрно-ледниковые ($lg-Q_2$) 3. Моренные ($g-Q_2$) 4. Флювиогляциальные ($f-Q_2$)	$E = 7q_c$ $E = 7,8q_c + 2$ $E = 8q_c + 7,5$ $E = 5,4q_c + 7,4$

Задание 6. Обработка результатов испытания грунтов методом статического зондирования.

Выдаваемое задание для обработки материалов испытания грунтов статическим зондированием включает в себя сведения об изменении с глубиной значений сопротивления грунта под конусом (q_c , МПа) и по боковой поверхности зонда (f_s , МПа), а также буровая колонка скважины, пройденной рядом с местом испытания грунтов зондированием, в виде графического материала (варианты заданий по статическому зондированию). В процессе обработки материалов испытаний предлагается решить следующие задачи:

- установить глубину смены литологических границ грунтов основания в месте проведения их испытаний статическим зондированием;
- выделить инженерно-геологические элементы для всех разновидностей грунтов основания;
- рассчитать для каждого выделенного инженерно-геологического элемента их нормативные характеристики (ϕ , c , E).

Для установления глубины залегания литологических границ по данным статического зондирования необходимо рассчитать величину коэффициента трения $R_f = f_s / q_c$ выше и ниже глубины этой границы по материалам проходки буровой скважины (см. буровую колонку скважины, приведённую в задании). Полученные значения R_f для различных глубин сравнить со значениями величины этого параметра в выше приведённой таблице (таблица 8) для выделения разновидностей грунтов по результатам статического зондирования.

Выделение инженерно-геологических элементов во встреченных разновидностях грунтов основания проводится с помощью таблиц 9 и 10. Для песков это выделение проводится по относительной плотности сложения (таблица 9), а для глинистых – по консистенции (таблица 10).

Для каждого выделенного инженерно-геологического элемента необходимо определить величину нормативных значений прочностных характеристик грунтов, т.е. угла внутреннего трения (φ , град) и сцепления (c , кПа), используя таблицы 11, 12 и 13 и рассчитать модуль деформации (E , МПа) с помощью таблицы 14. При работе с вышеуказанными таблицами берётся среднеарифметическое значение величины лобового сопротивления конуса (q_c , МПа) в интервале залегания инженерно-геологического элемента для которого определяются нормативные значения параметров.

Для песков можно рассчитать плотность их сложения, используя данные статического зондирования:

$$\rho = \rho_s (1+W) / 1,765 - 0,185 \lg (q_c / q_c^\circ),$$

где ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³;

W – весовая влажность грунта, д.е.;

q_c – сопротивление грунта под конусом, МПа;

$q_c^\circ = 1$ МПа.

Плотность частиц ρ_s изменяется в достаточно небольшом диапазоне (2,64-2,70 г/см³), а для кварцево-полевошпатовых частиц равна 2,64-2,65 г/см³, в среднем можно принять $\rho_s = 2,65$ г/см³.

Коэффициент пористости песков можно определить по следующей формуле:

$$e = 0,765 - 0,185 \lg (q_c / q_c^\circ).$$

Для песков полностью насыщенных водой влажность равна $W = e \rho_w / \rho_s$ (где ρ_w – плотность воды, равная 1 г/см³).

Ориентировочно плотность сложения песков с $\rho_s = 2,65$ г/см³ при различных значениях влажности (W , д.е.) может быть определена с помощью таблицы 15.

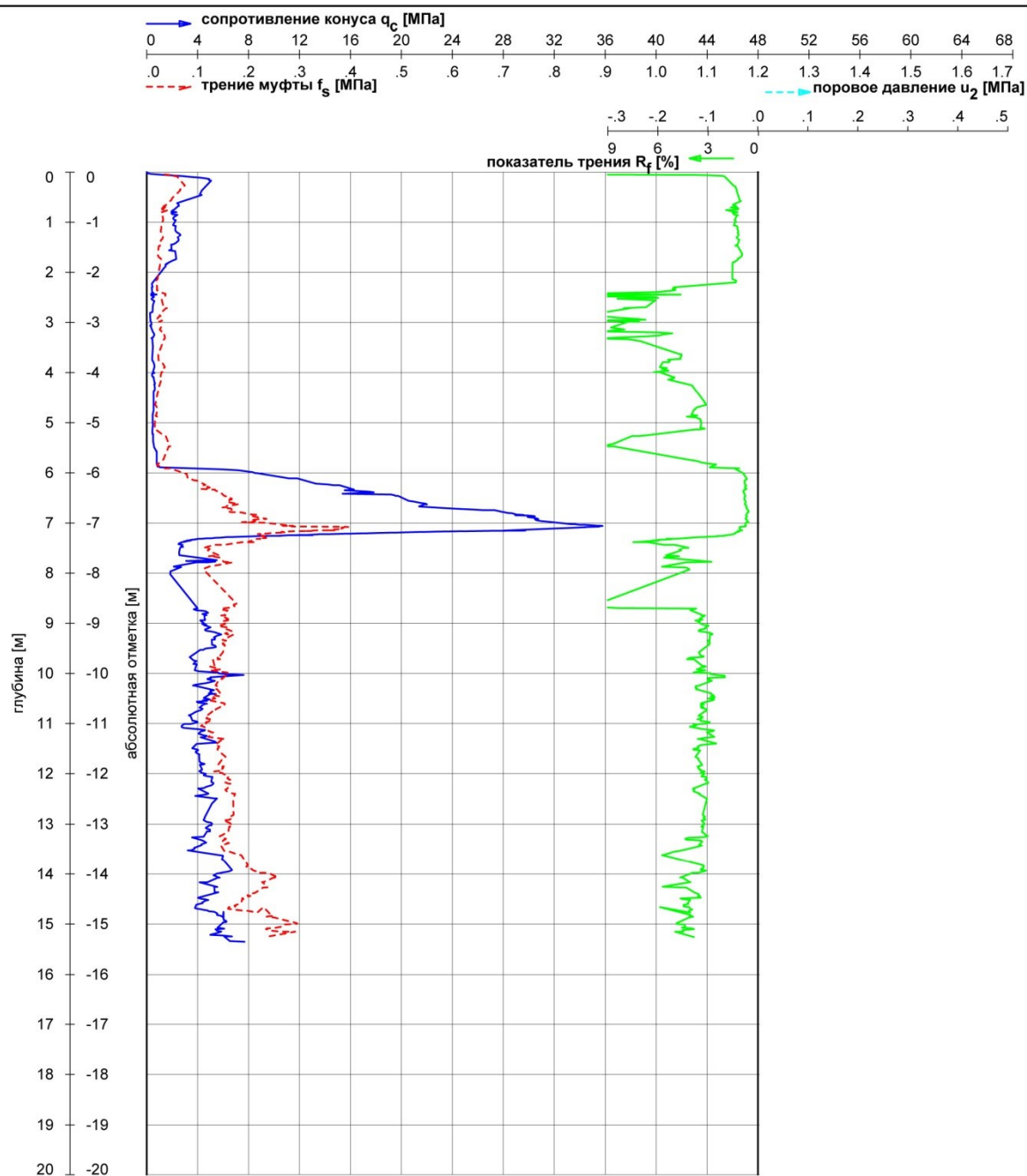
Таблица 15

Значение плотности песков с $\rho_s = 2,65$ г/см³ по результатам статического зондирования

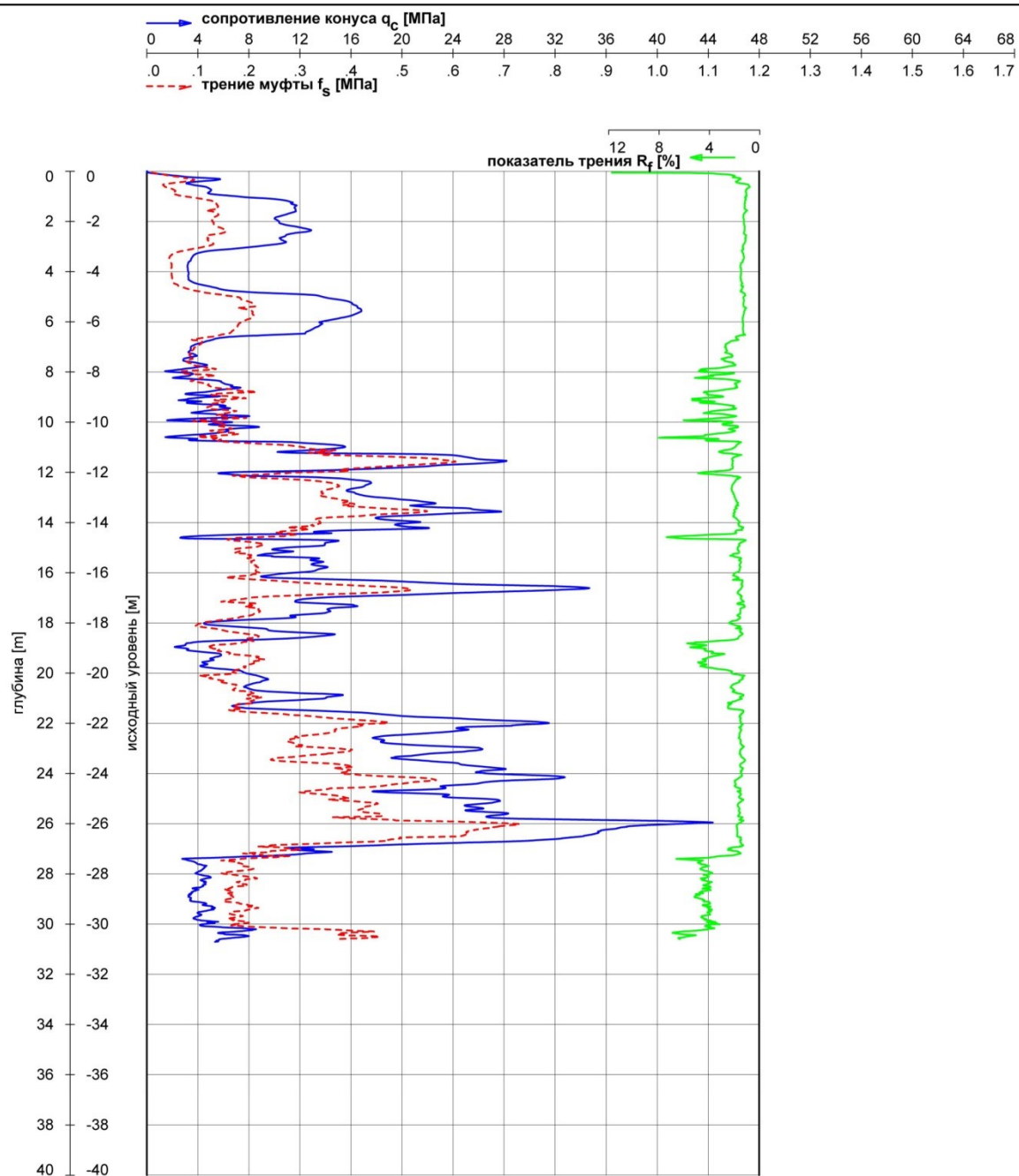
W	ρ , г/см ³ , при сопротивлении q_c , МПа									
	1	2	3	5	10	15	20	30	40	50
0	1,50	1,55	1,57	1,61	1,68	1,72	1,73	1,78	1,80	1,83
0,05	1,58	1,63	1,65	1,70	1,76	1,80	1,82	1,87	1,89	1,92
0,1	1,65	1,71	1,74	1,78	1,84	1,88	1,91	1,95	1,98	2,00
0,15	1,72	1,78	1,82	1,86	1,93	1,97	1,99	2,04	2,07	2,10
0,2	1,80	1,86	1,89	1,94	2,01	2,05	2,08	-	-	-
0,25	1,88	1,94	1,96	-	-	-	-	-	-	-
0,3	1,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Пример оформления материалов обработки результатов испытания грунтов методом статического зондирования приведён в приложении 6.

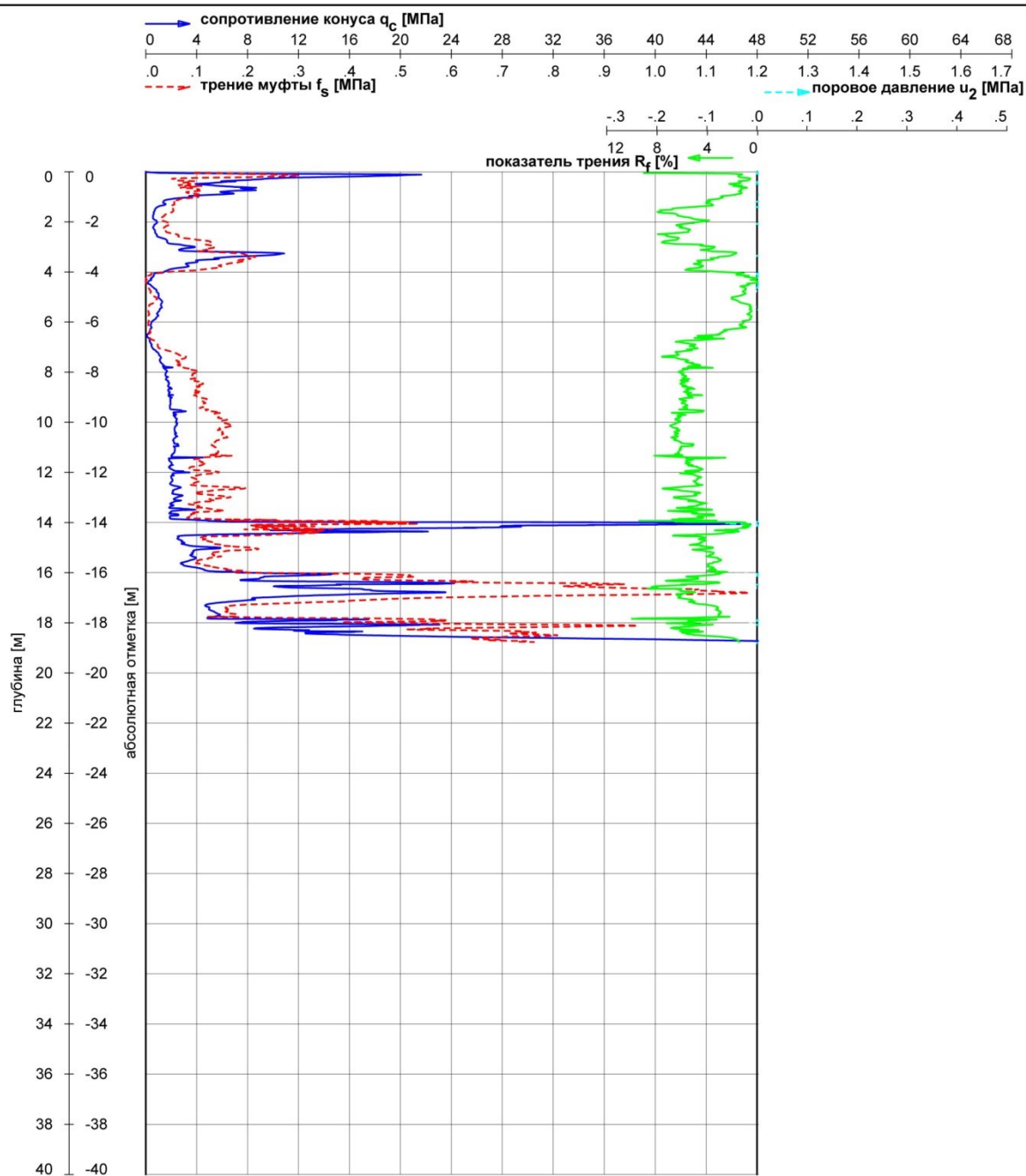
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



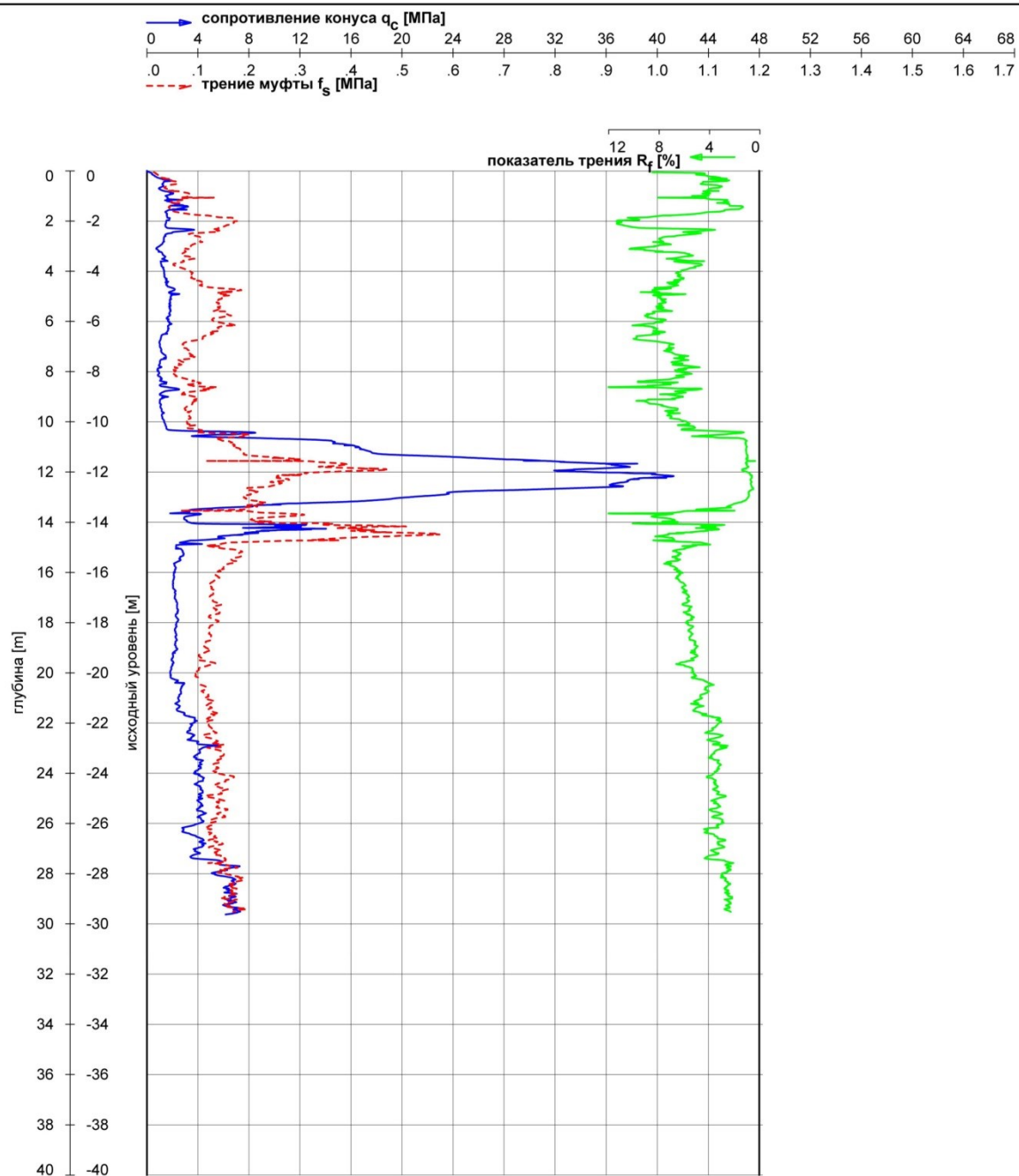
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



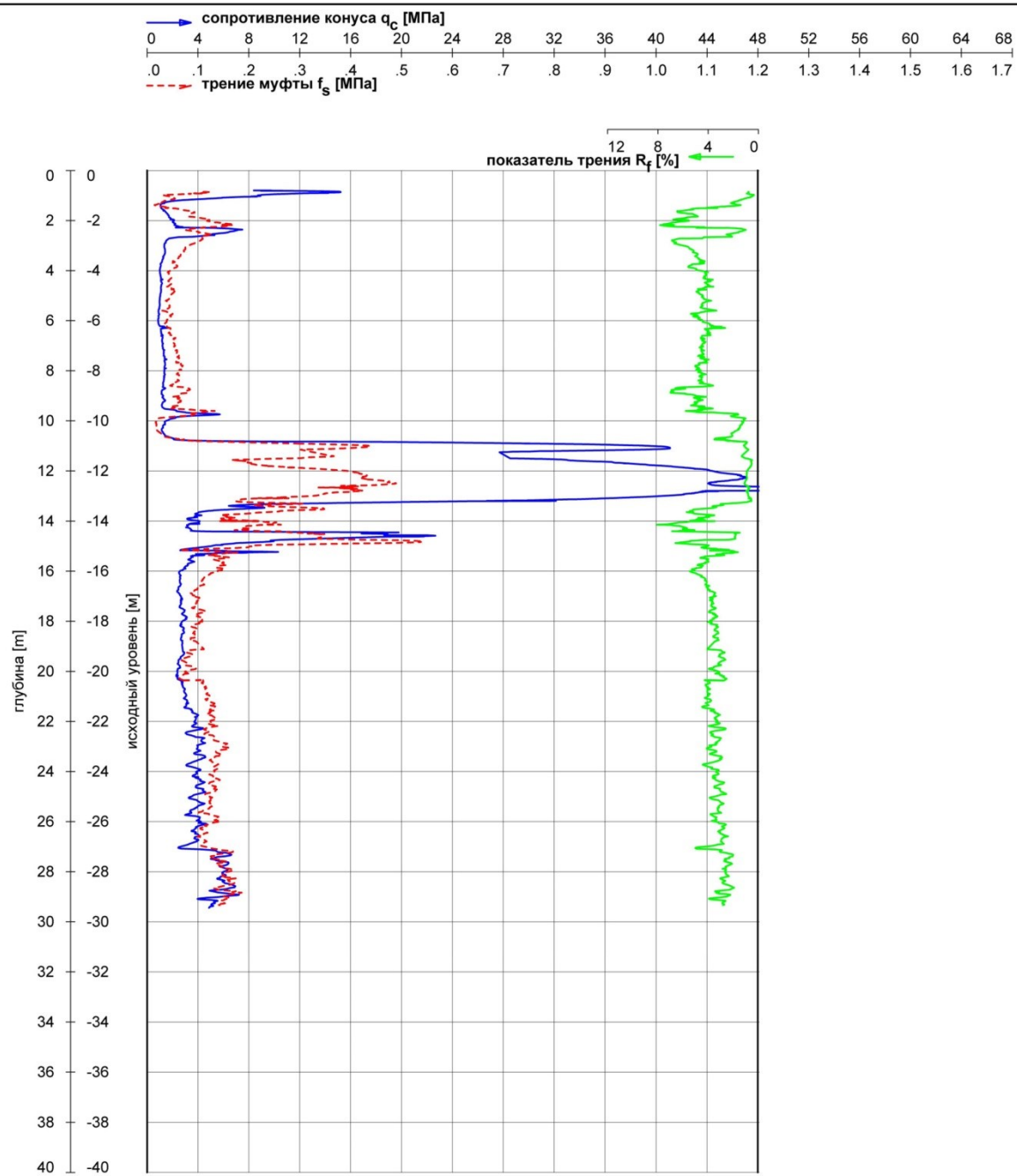
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



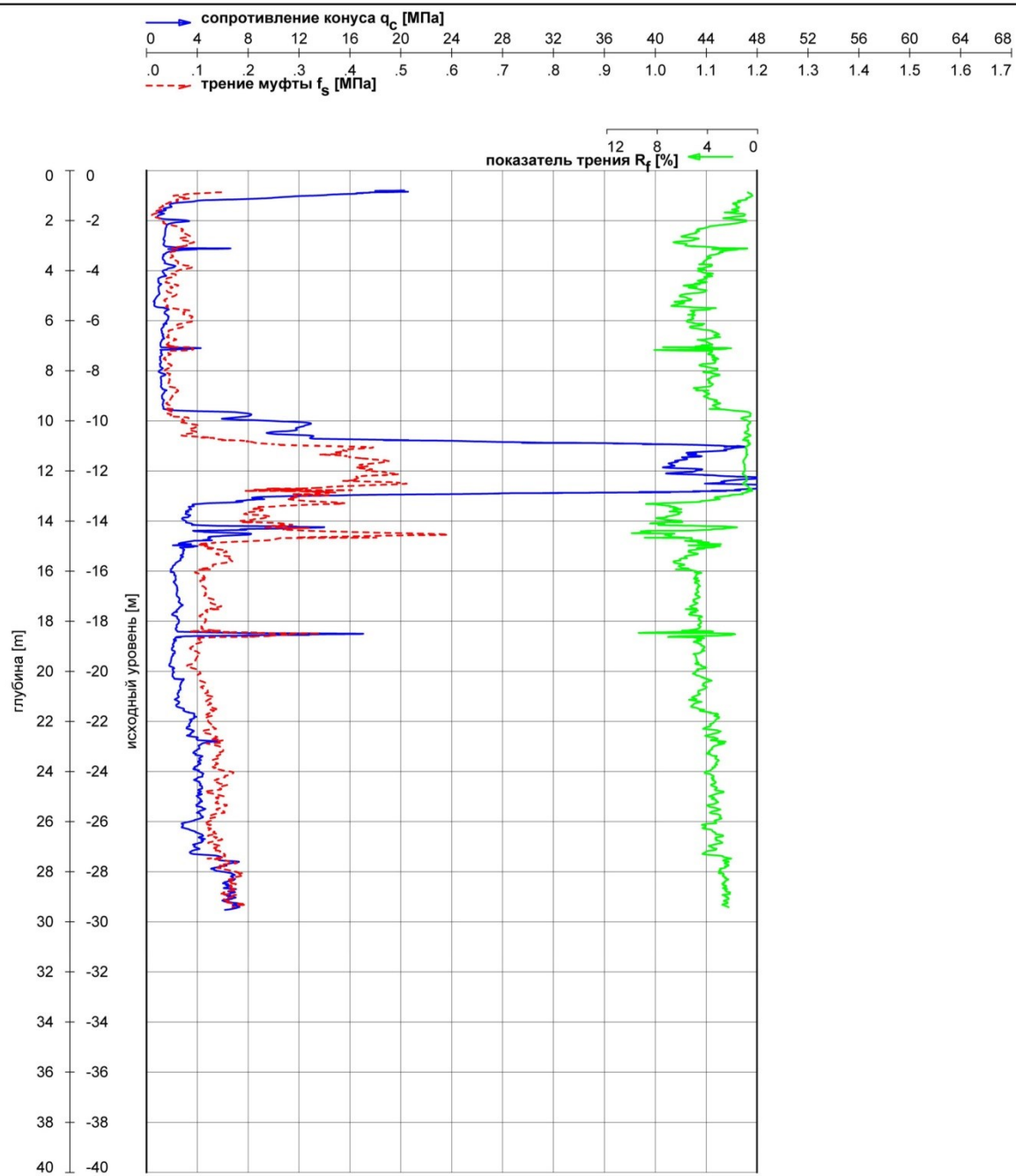
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



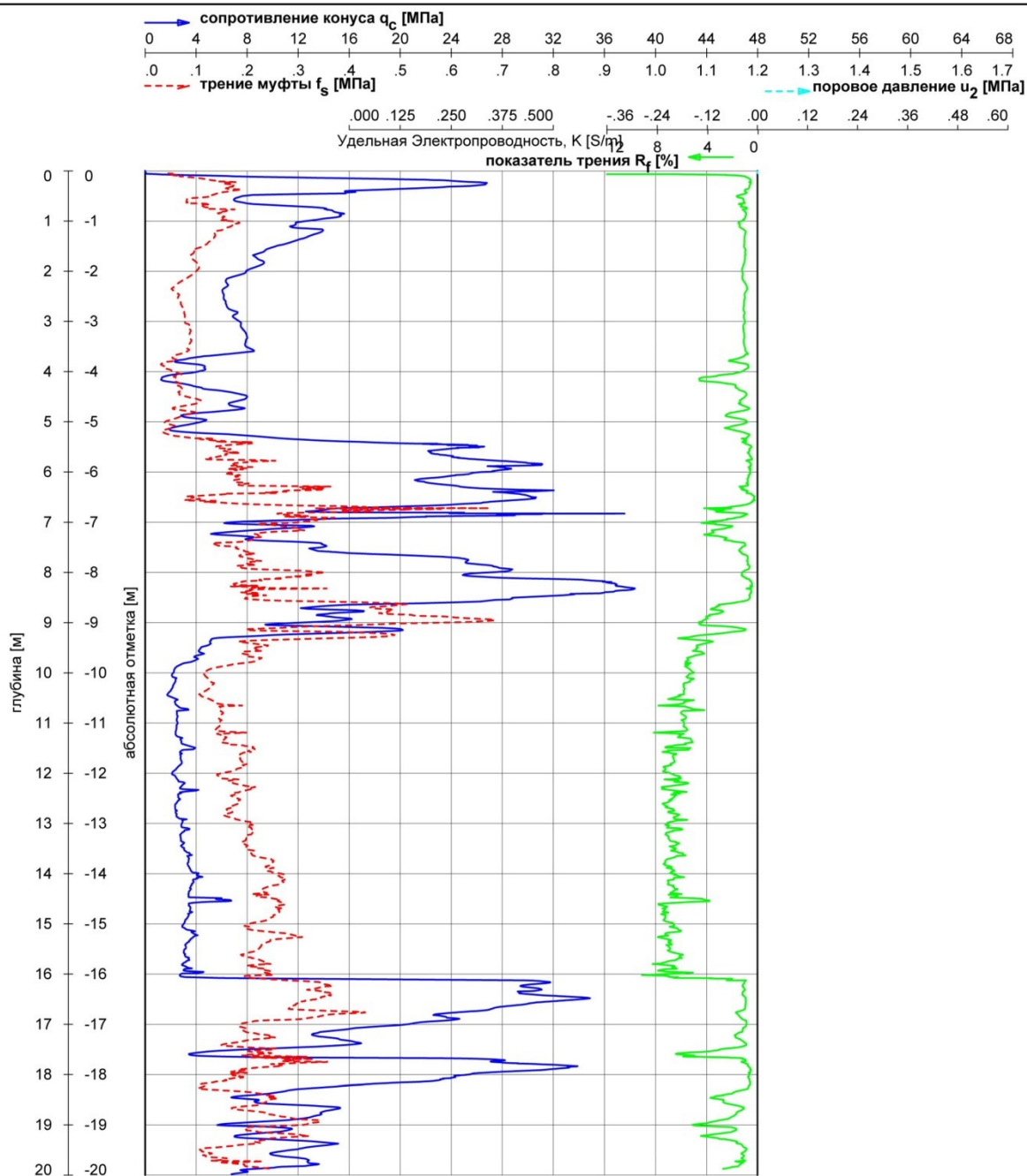
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



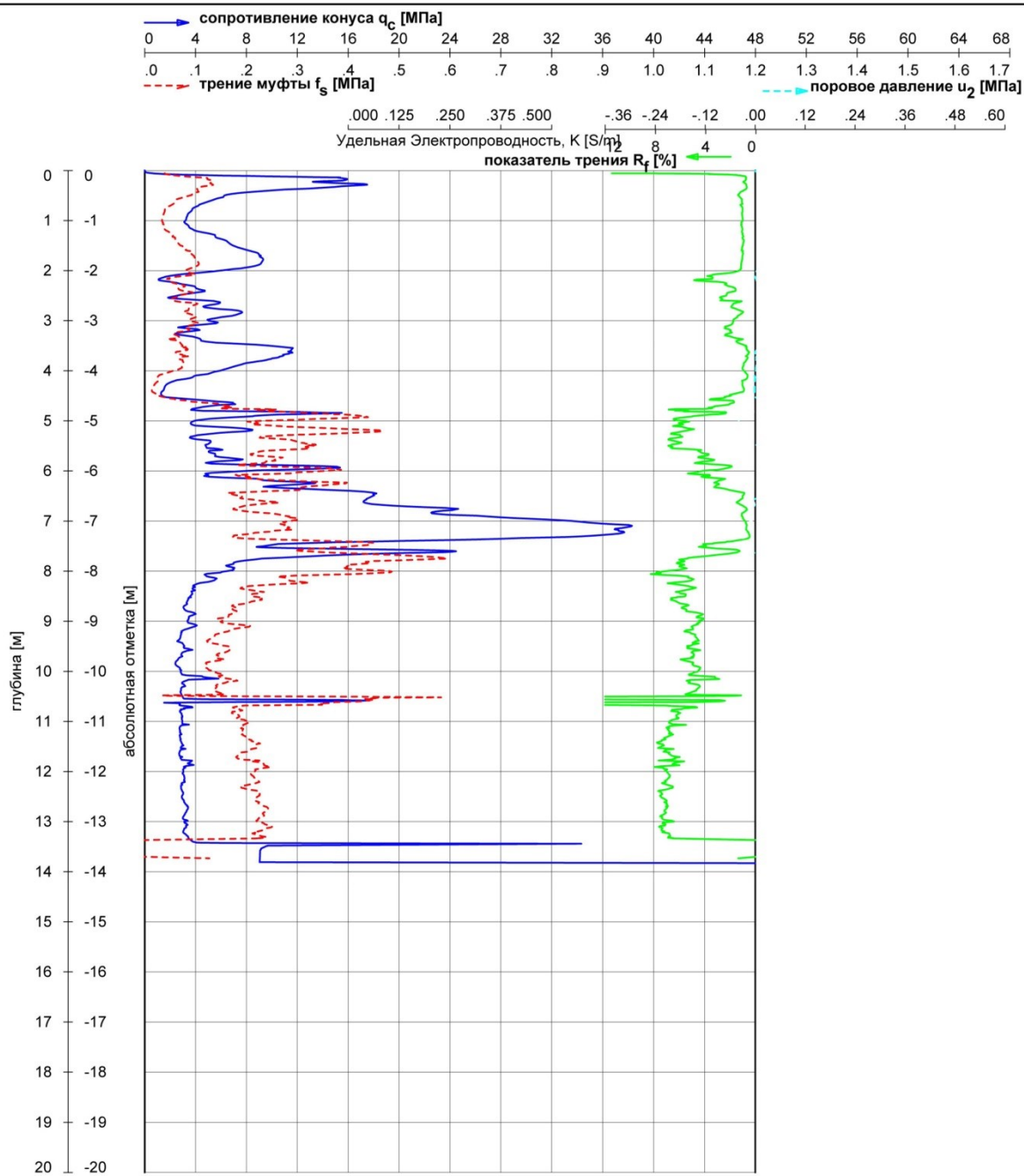
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



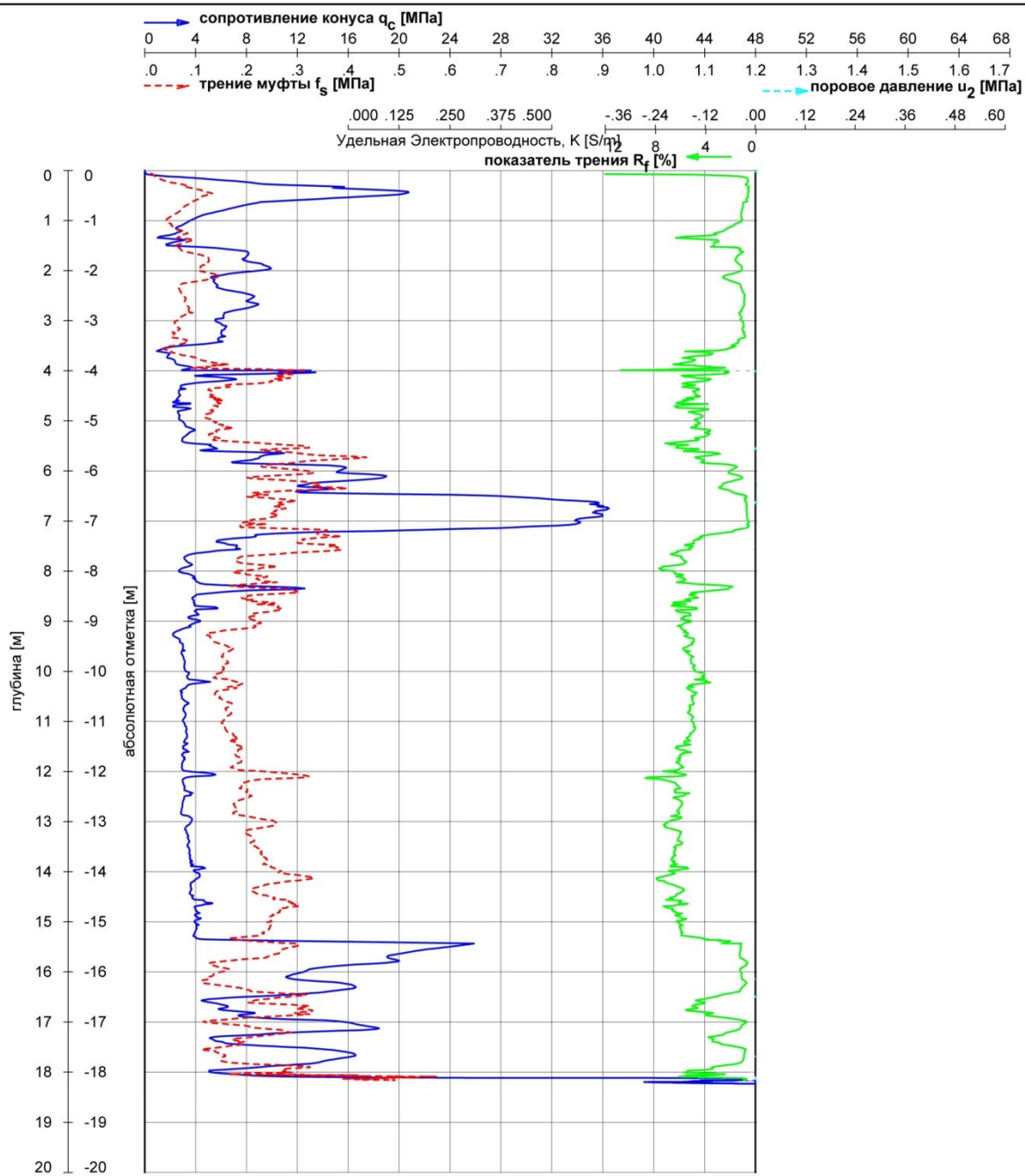
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



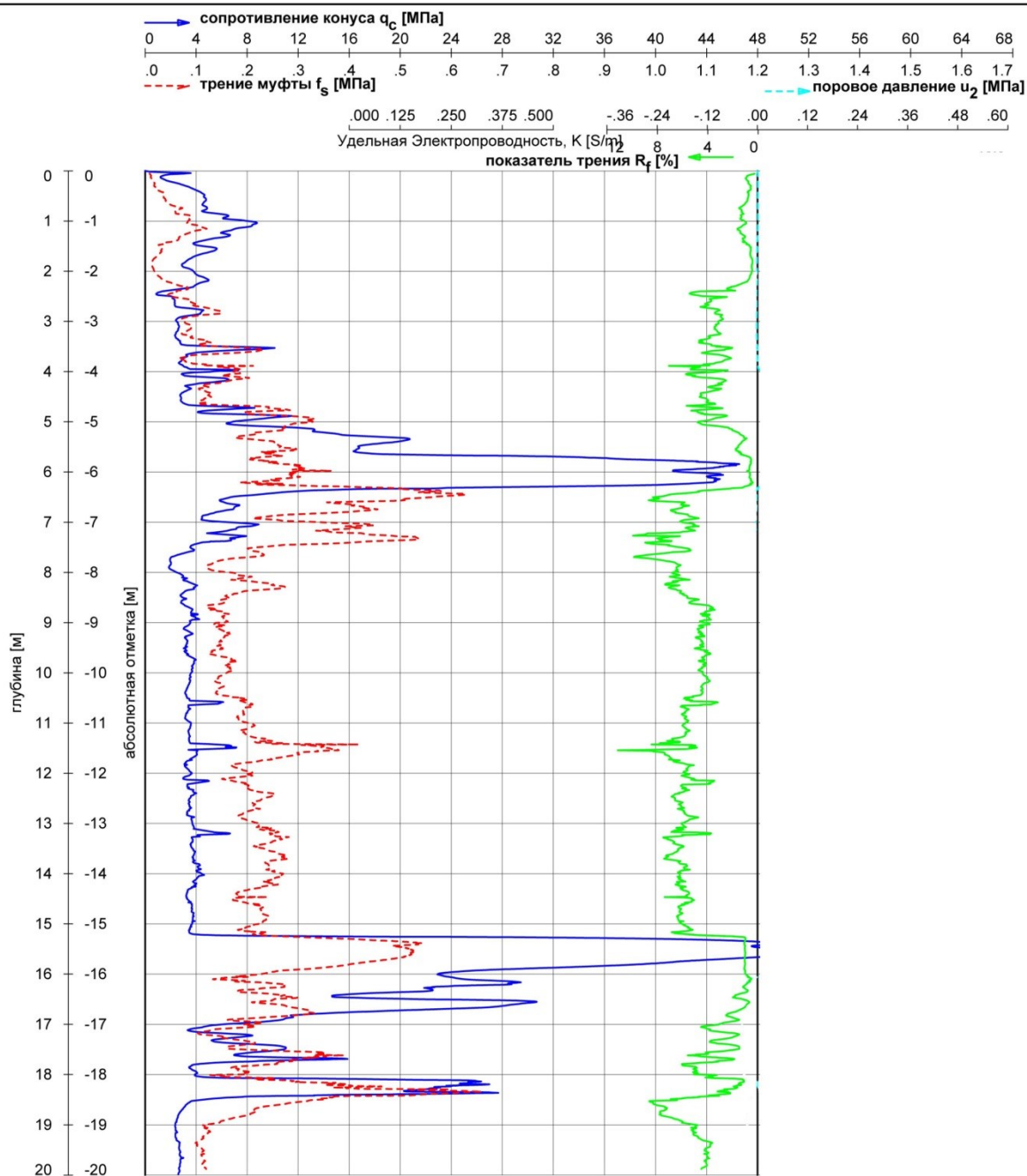
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



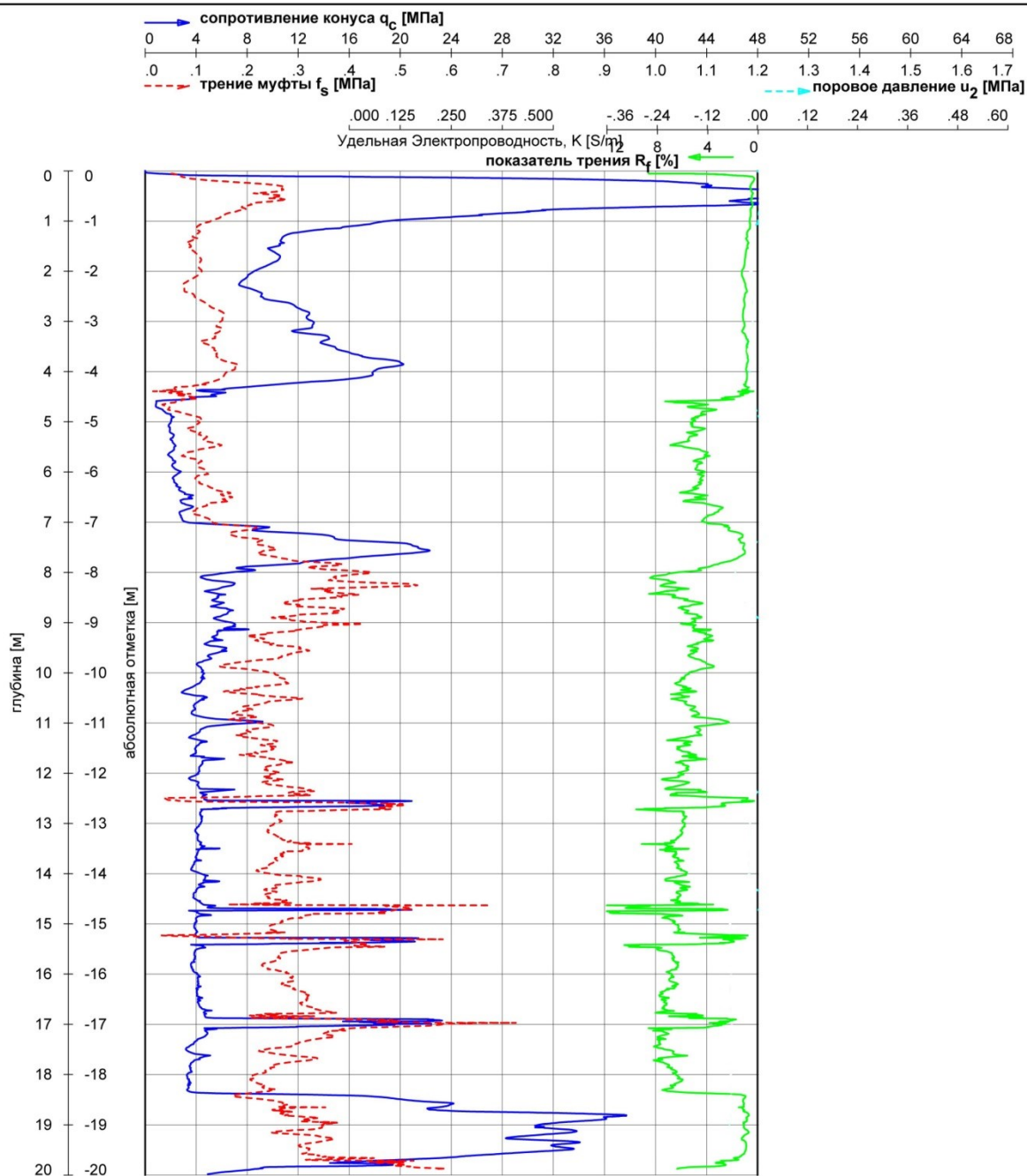
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



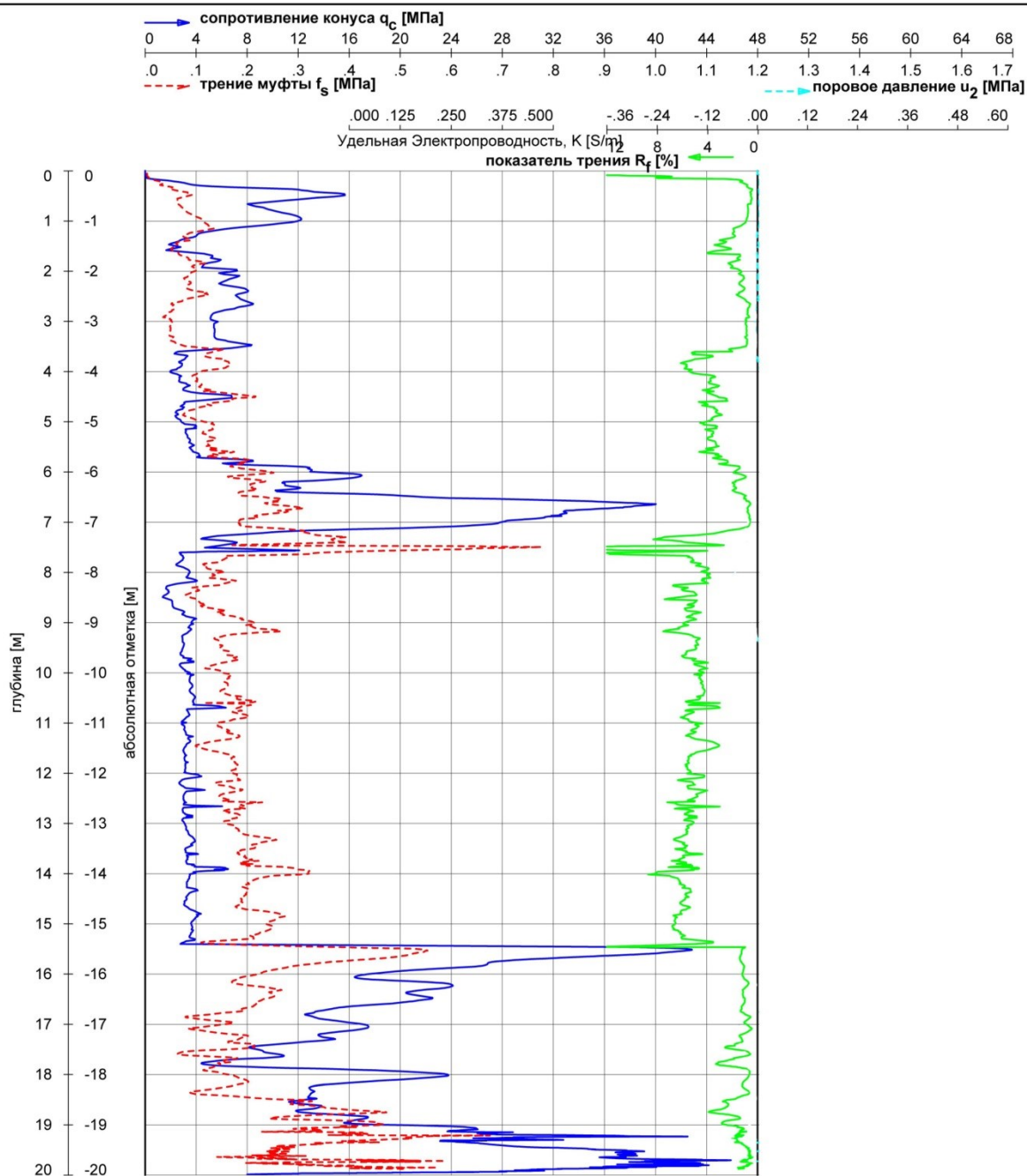
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



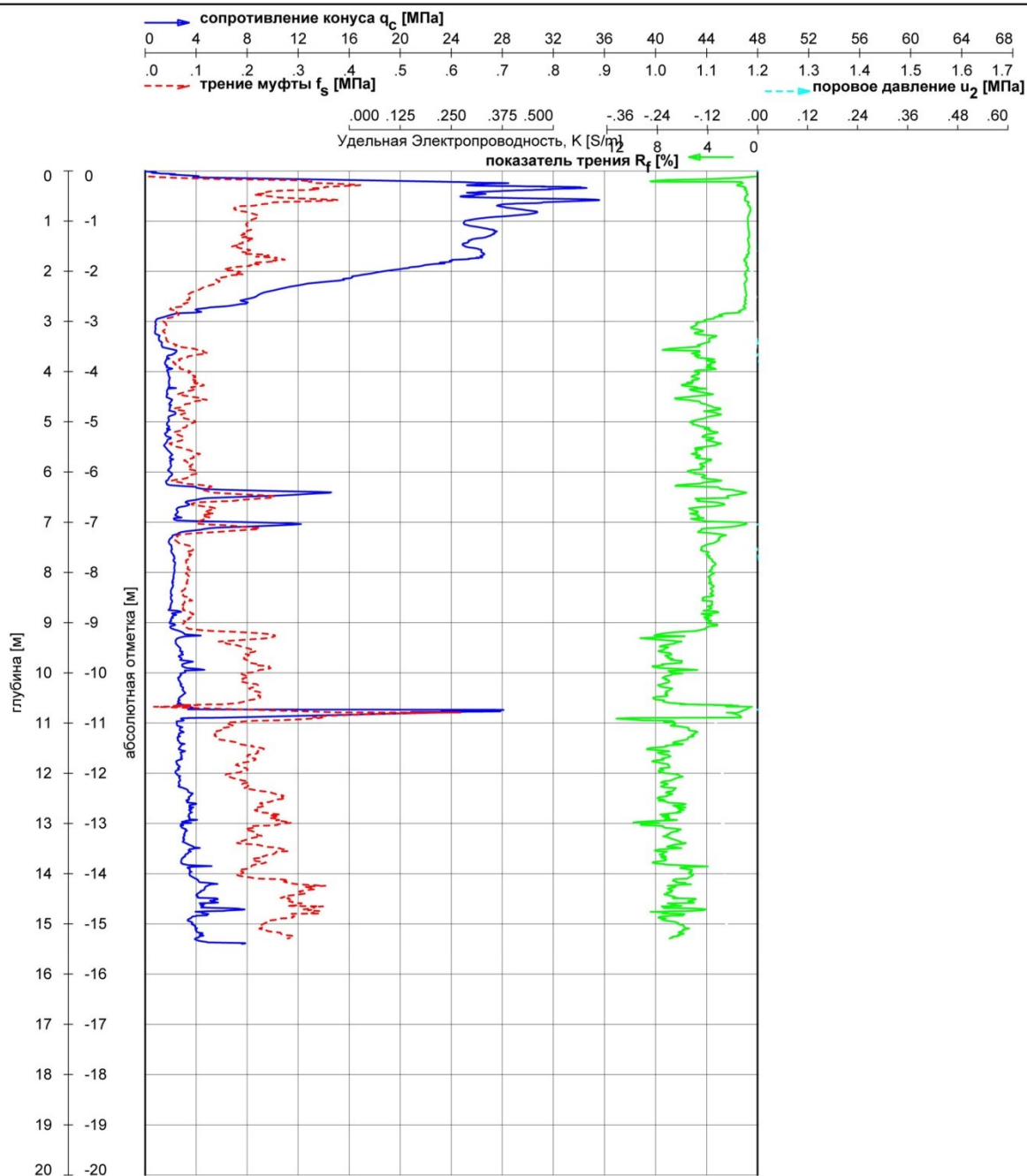
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



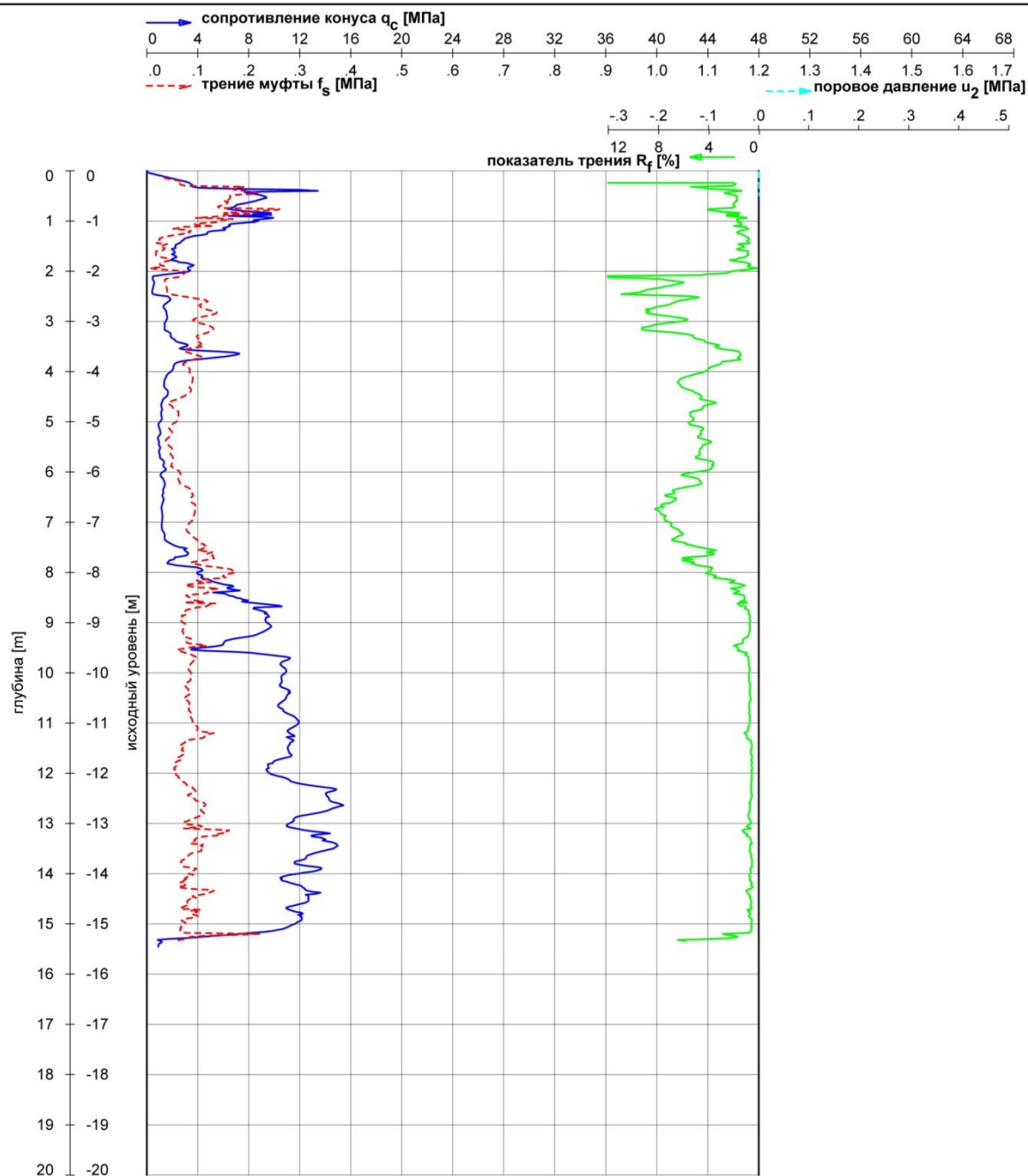
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



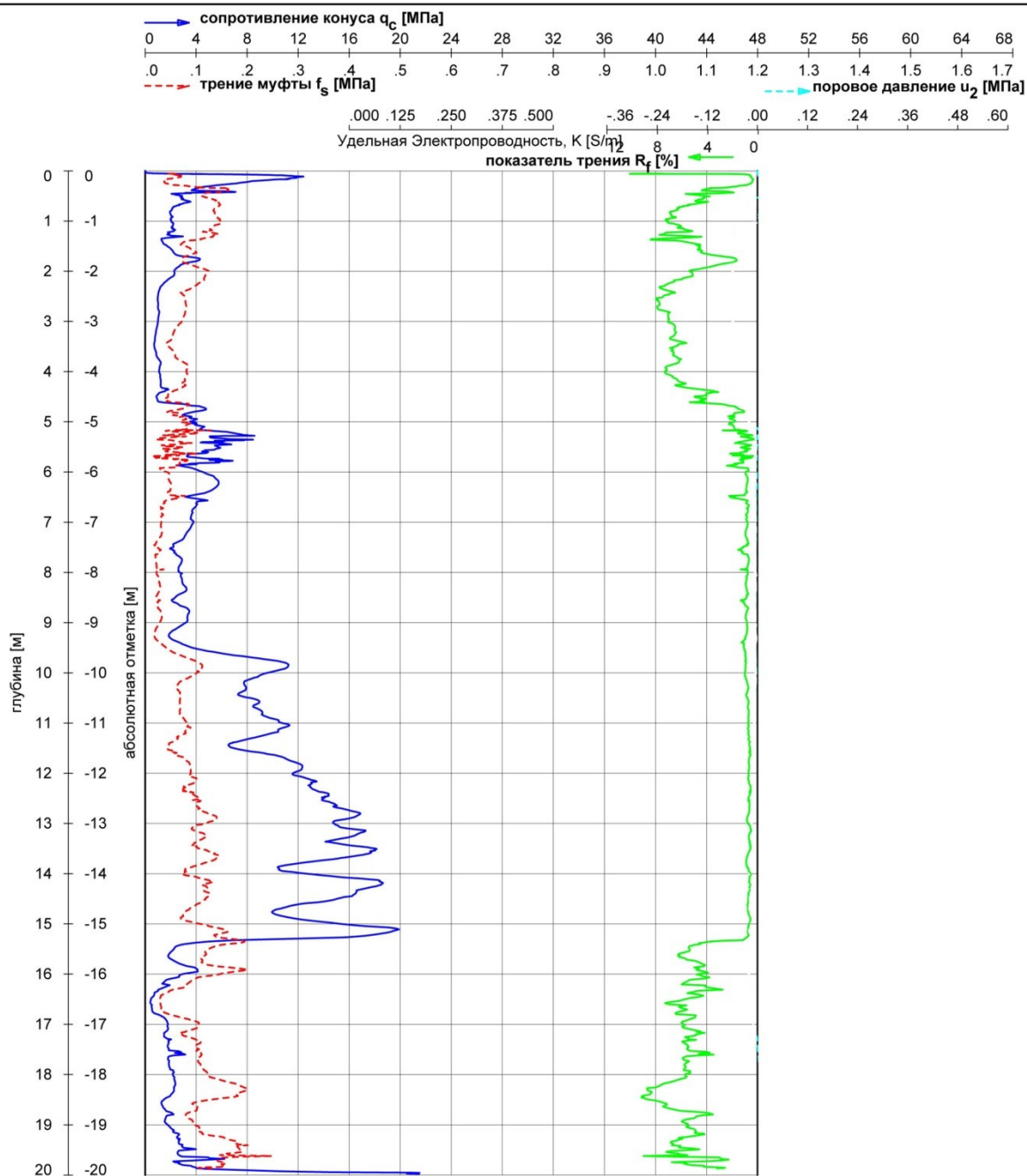
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



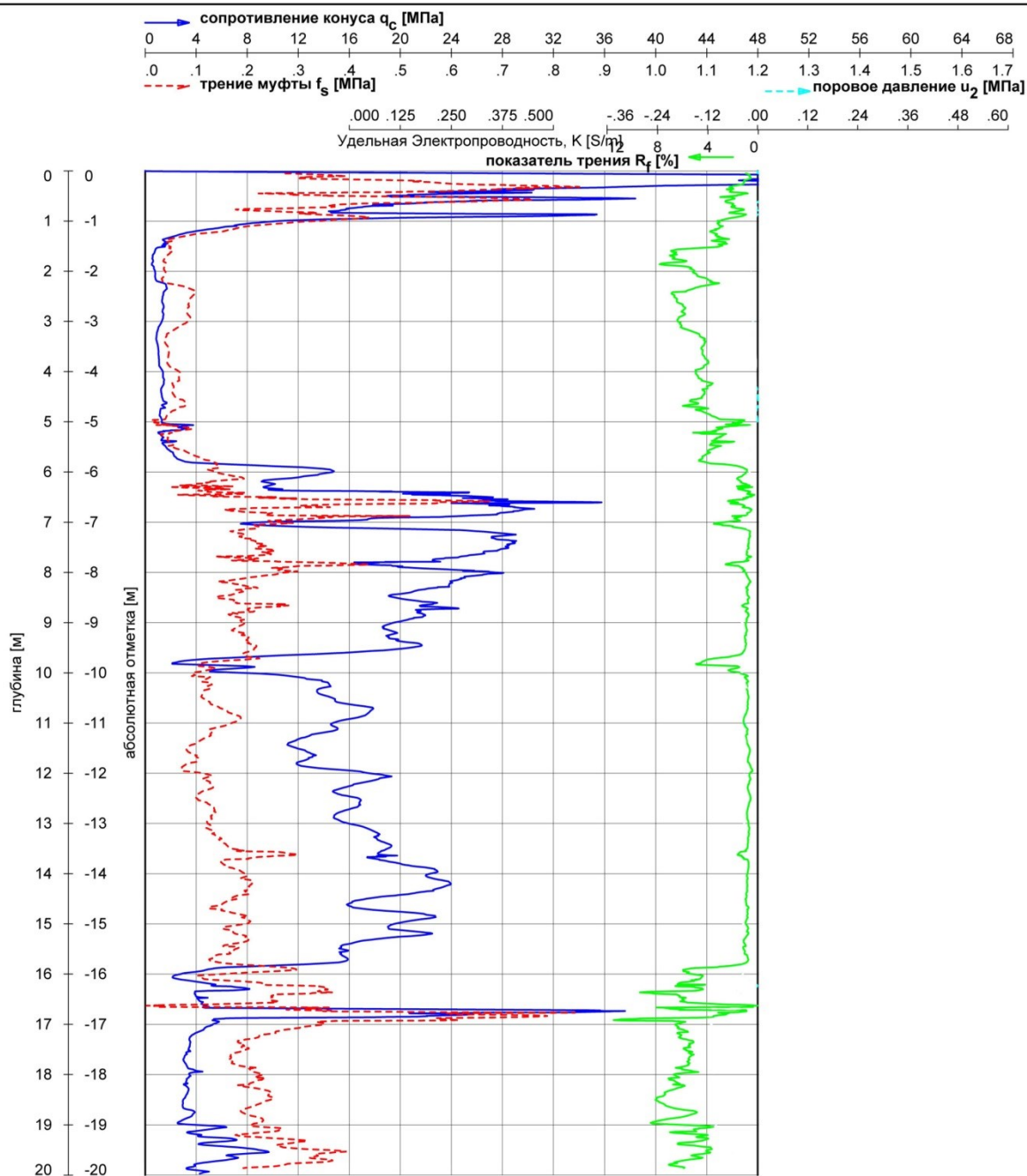
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



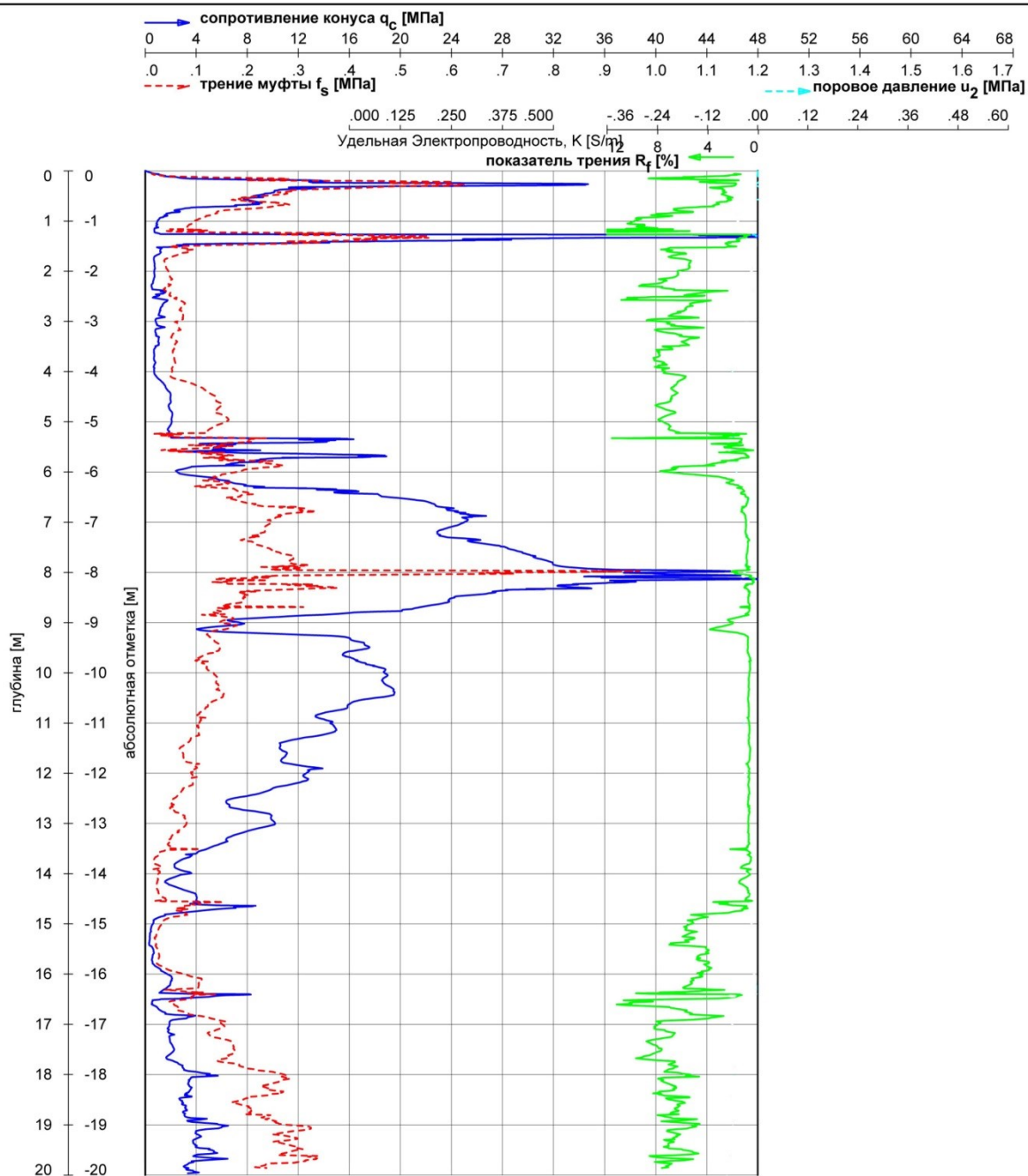
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



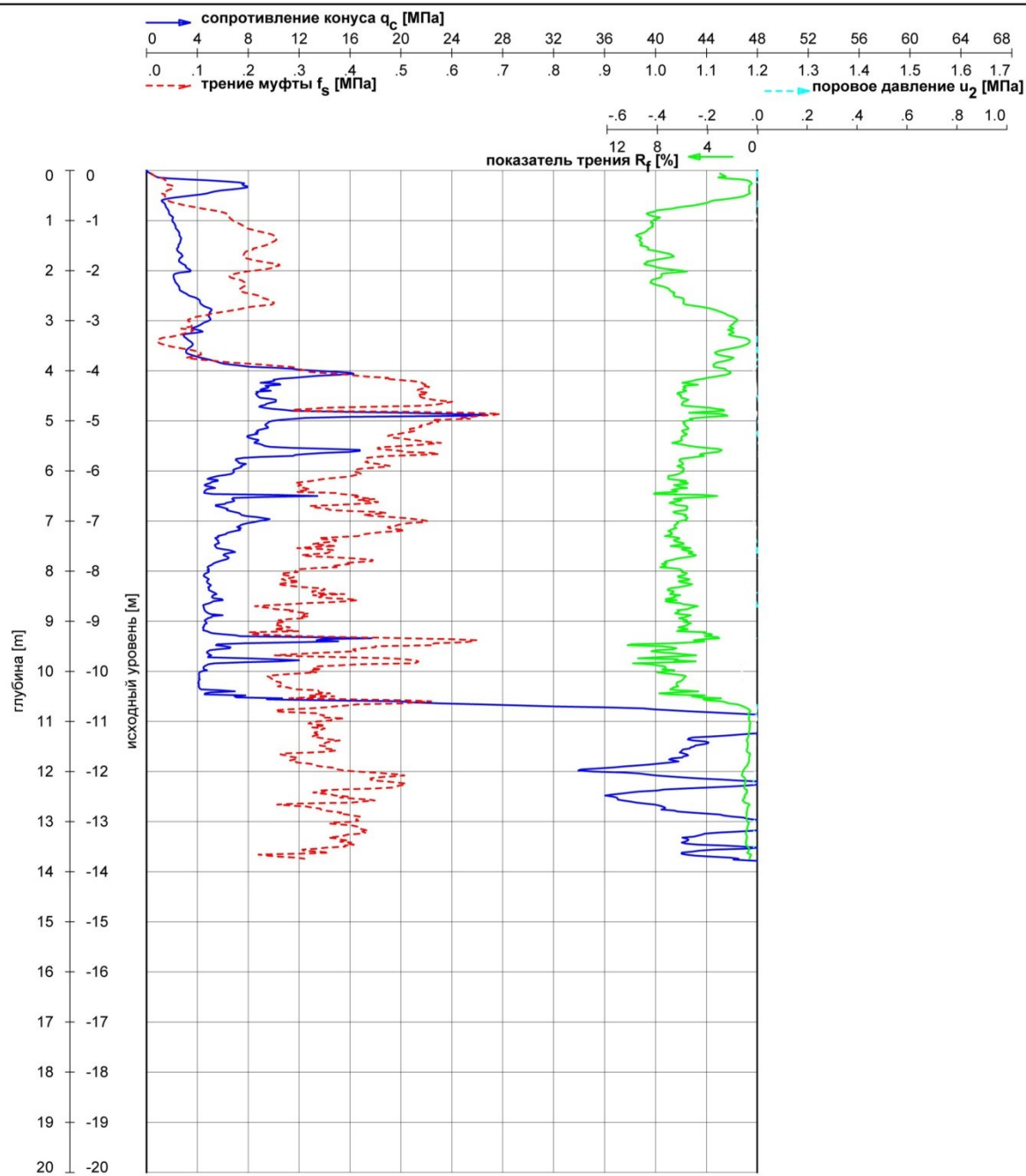
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



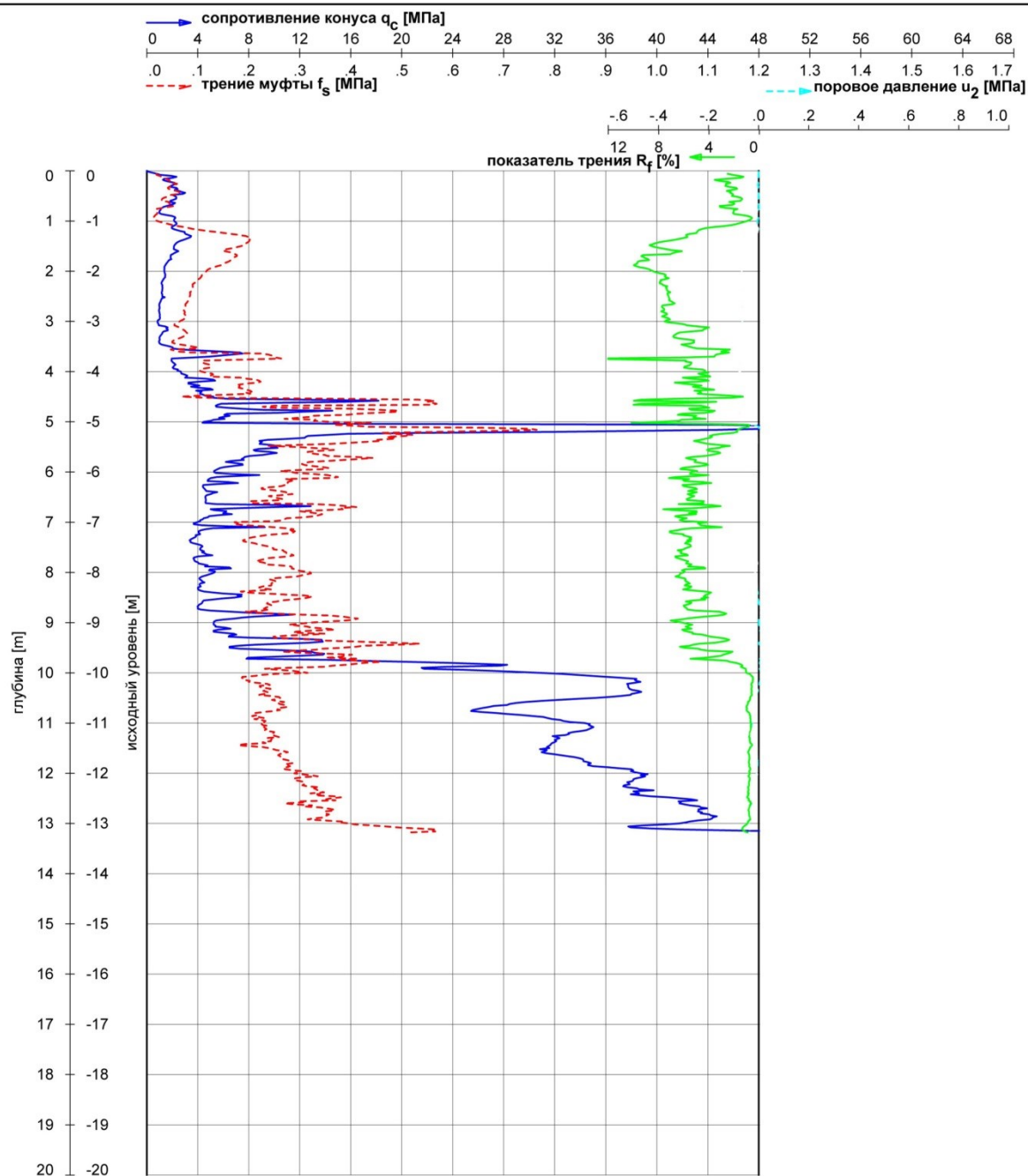
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



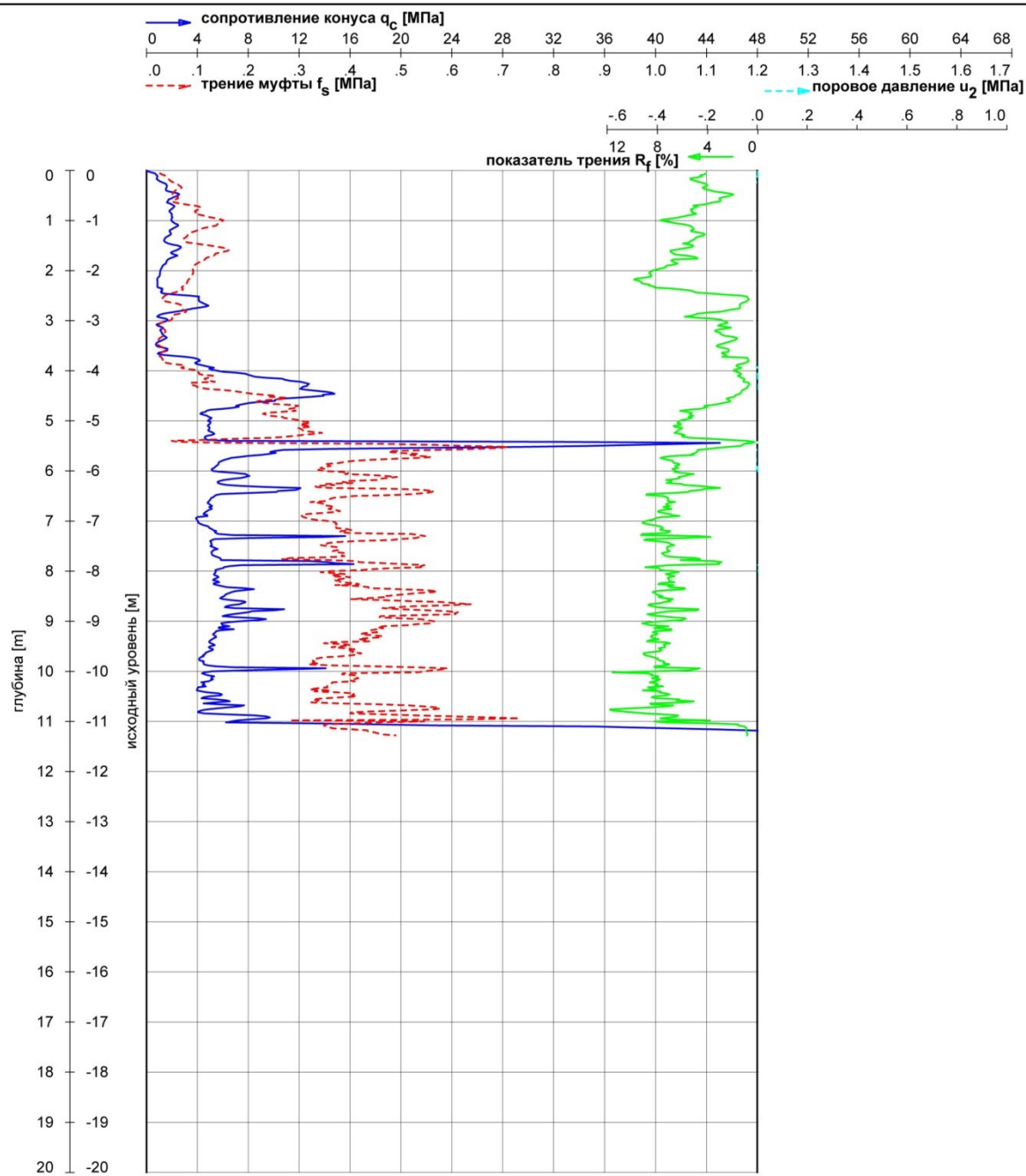
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



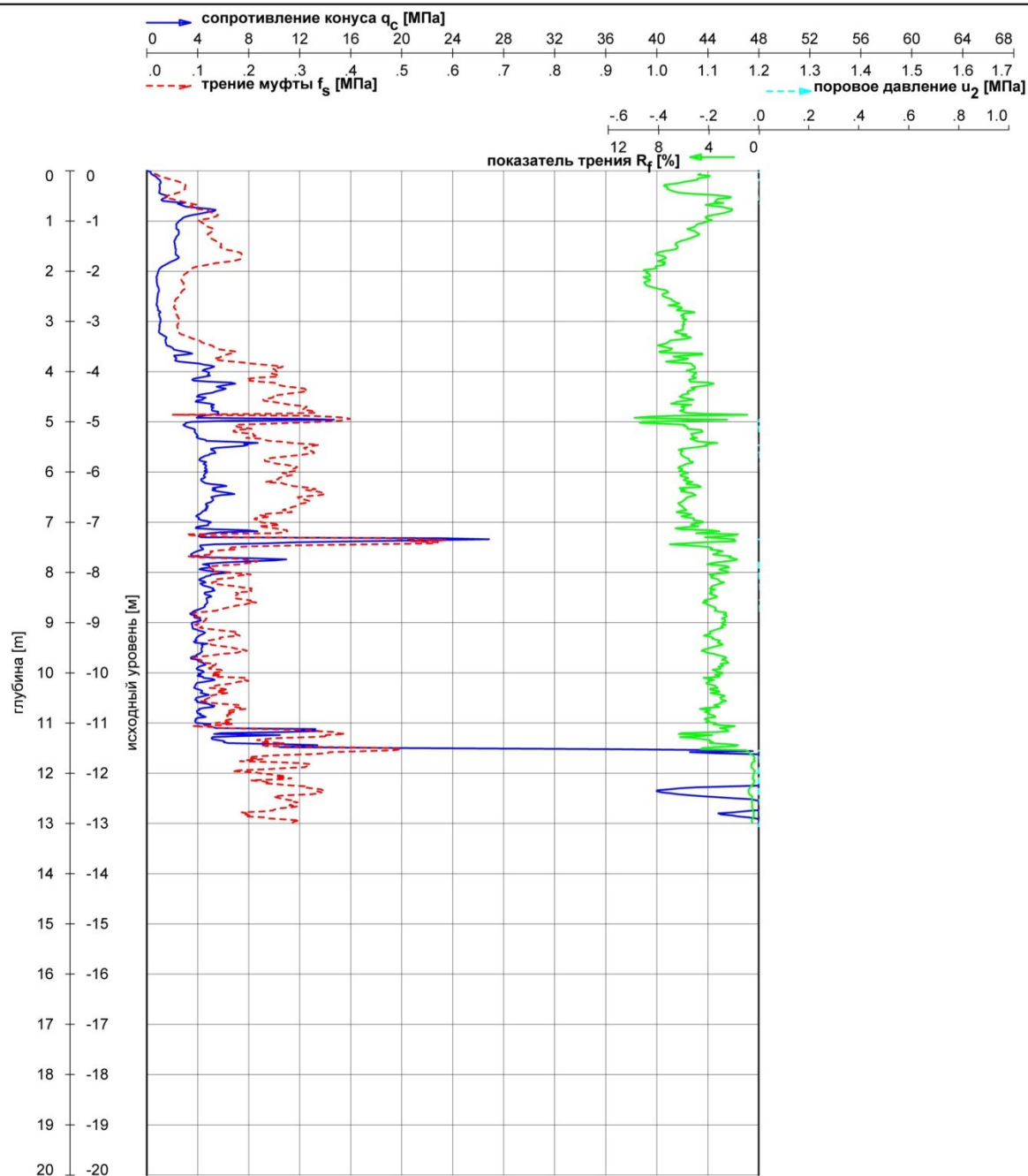
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



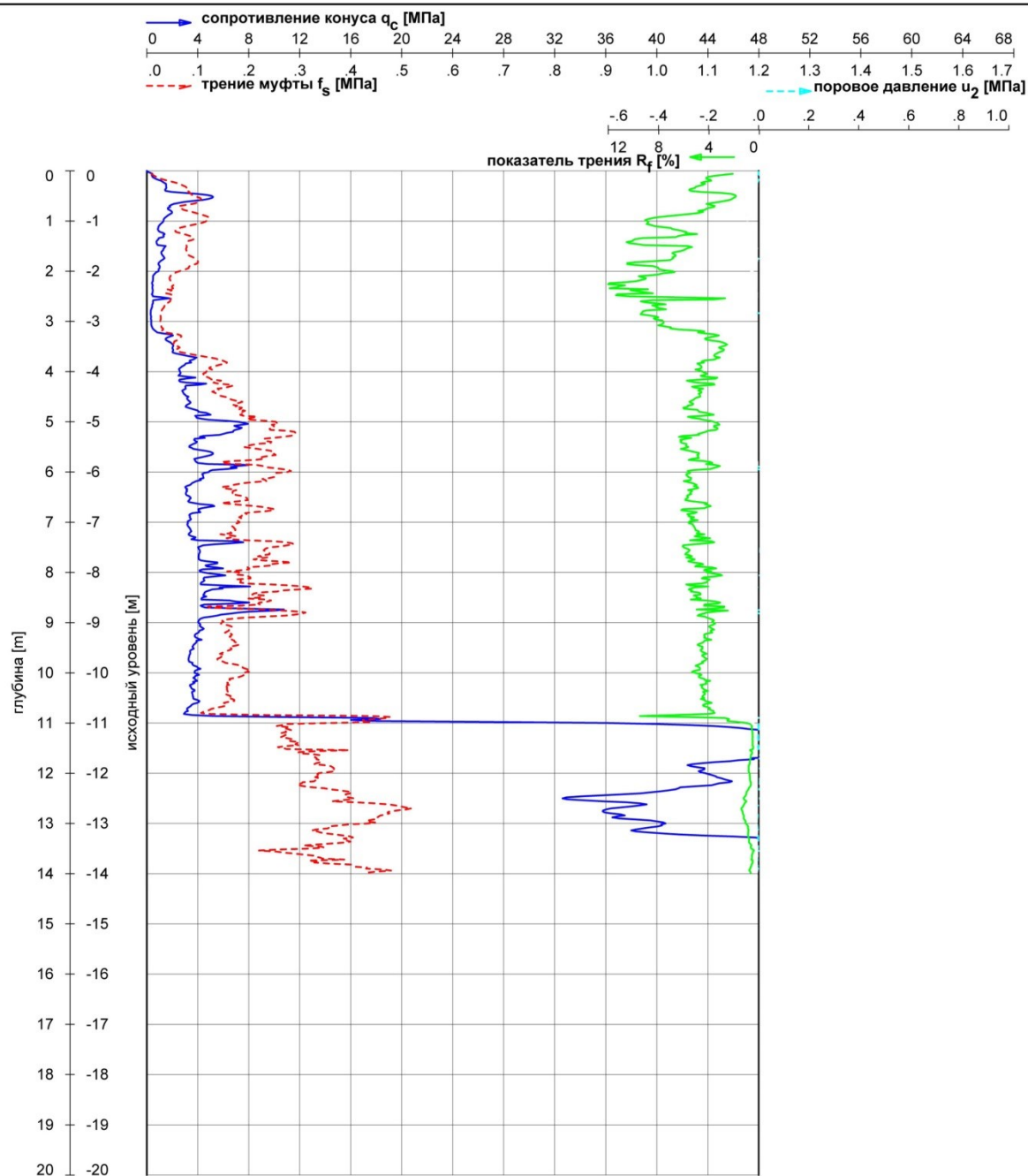
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



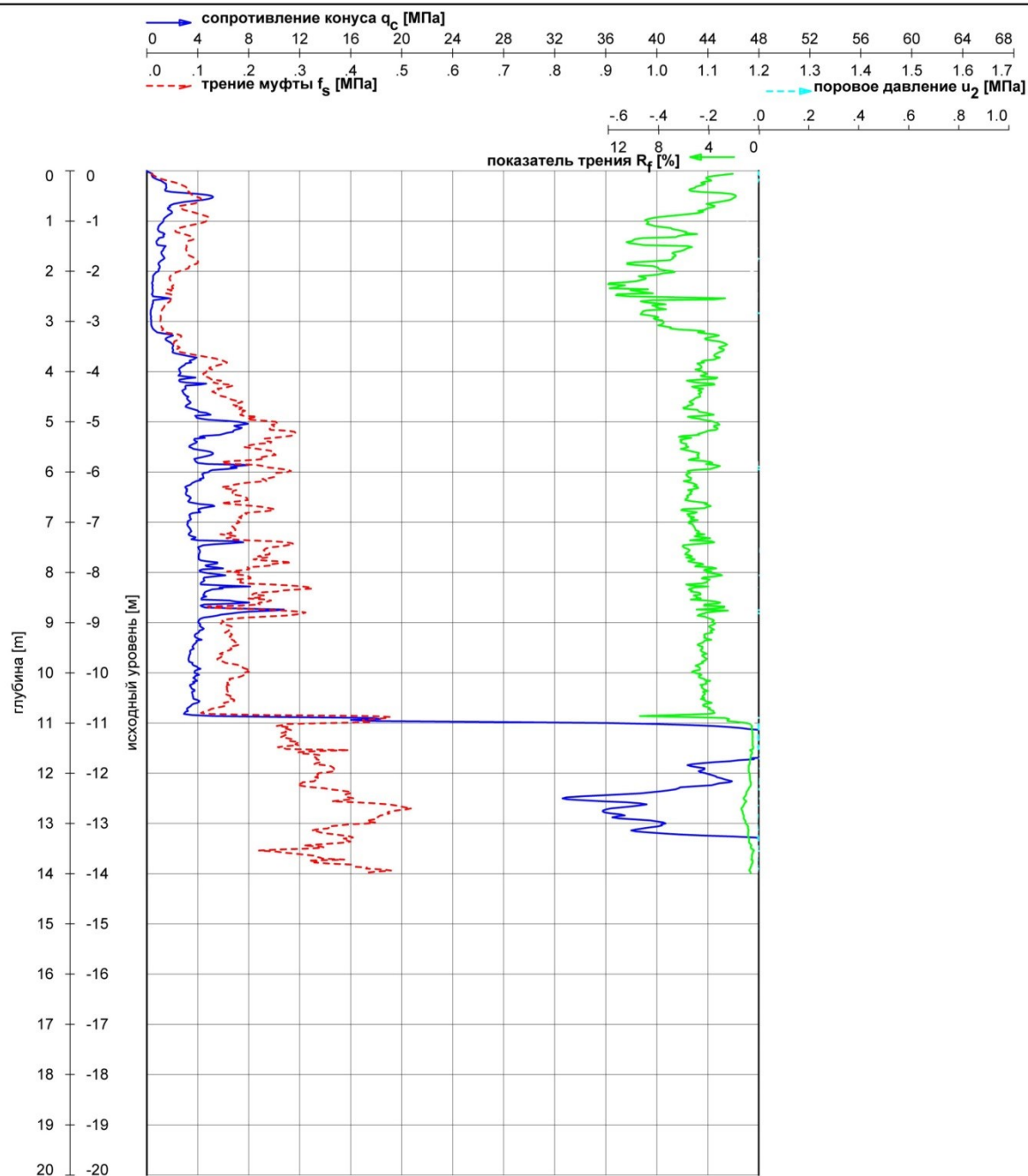
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



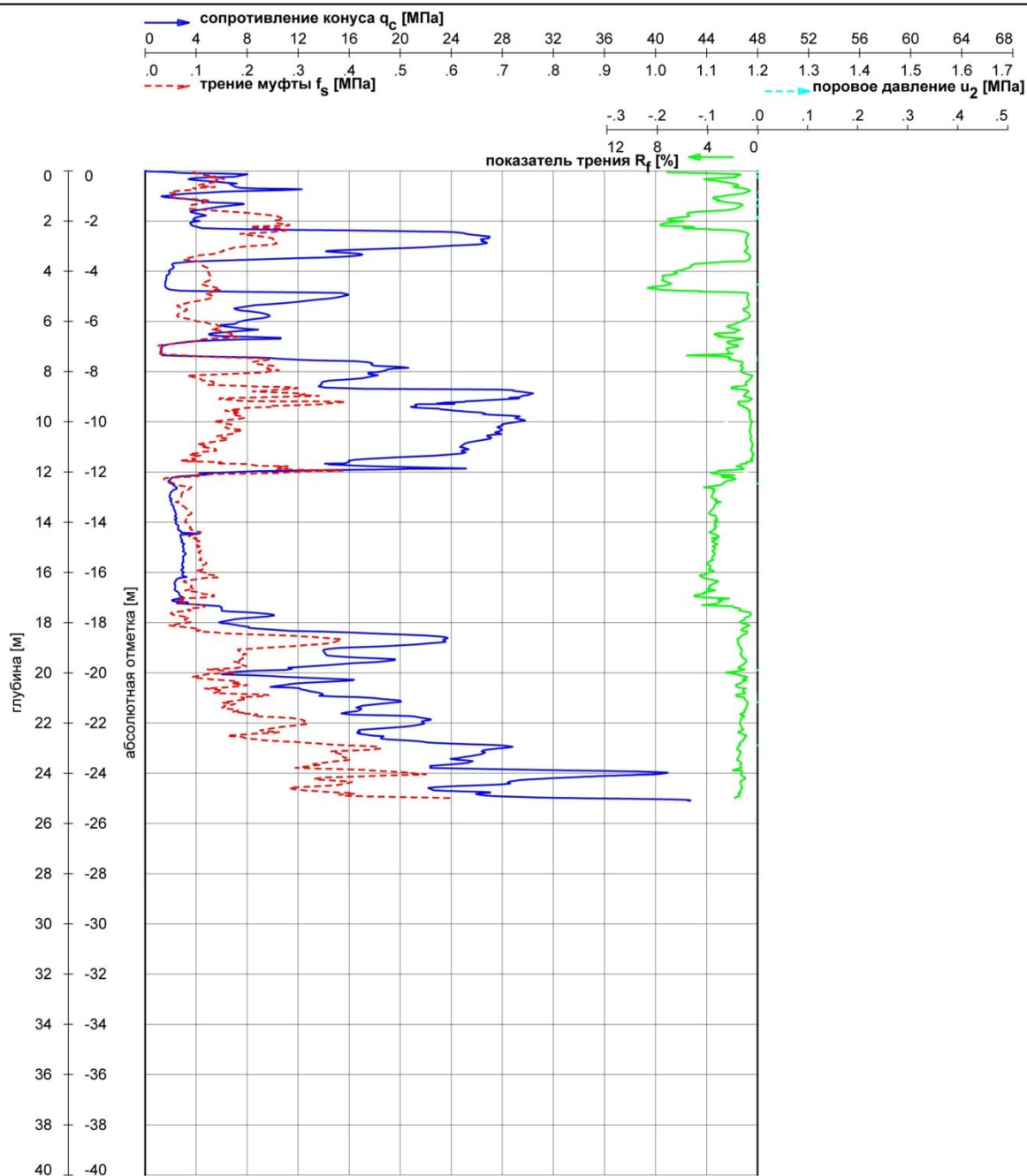
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



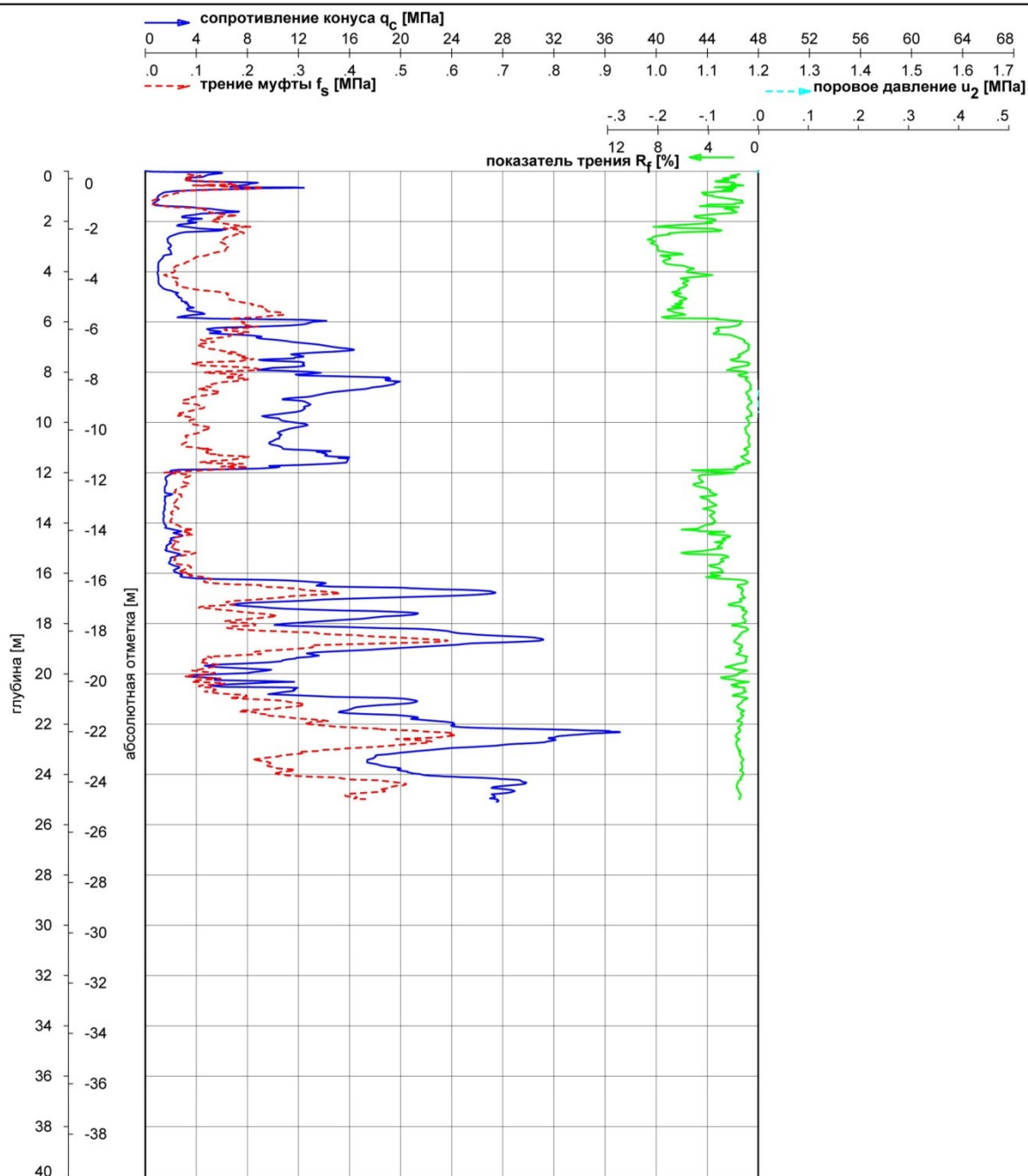
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



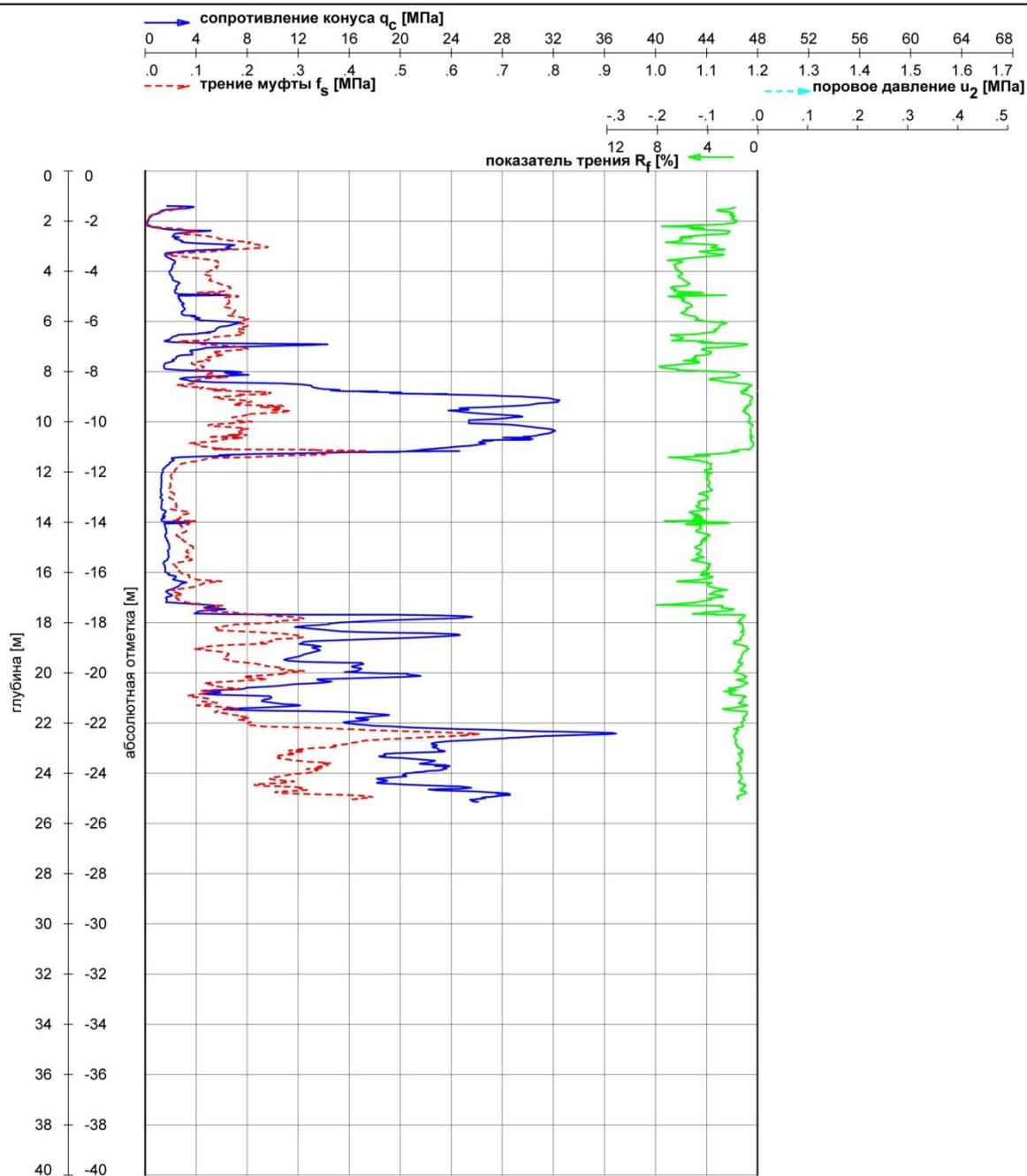
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



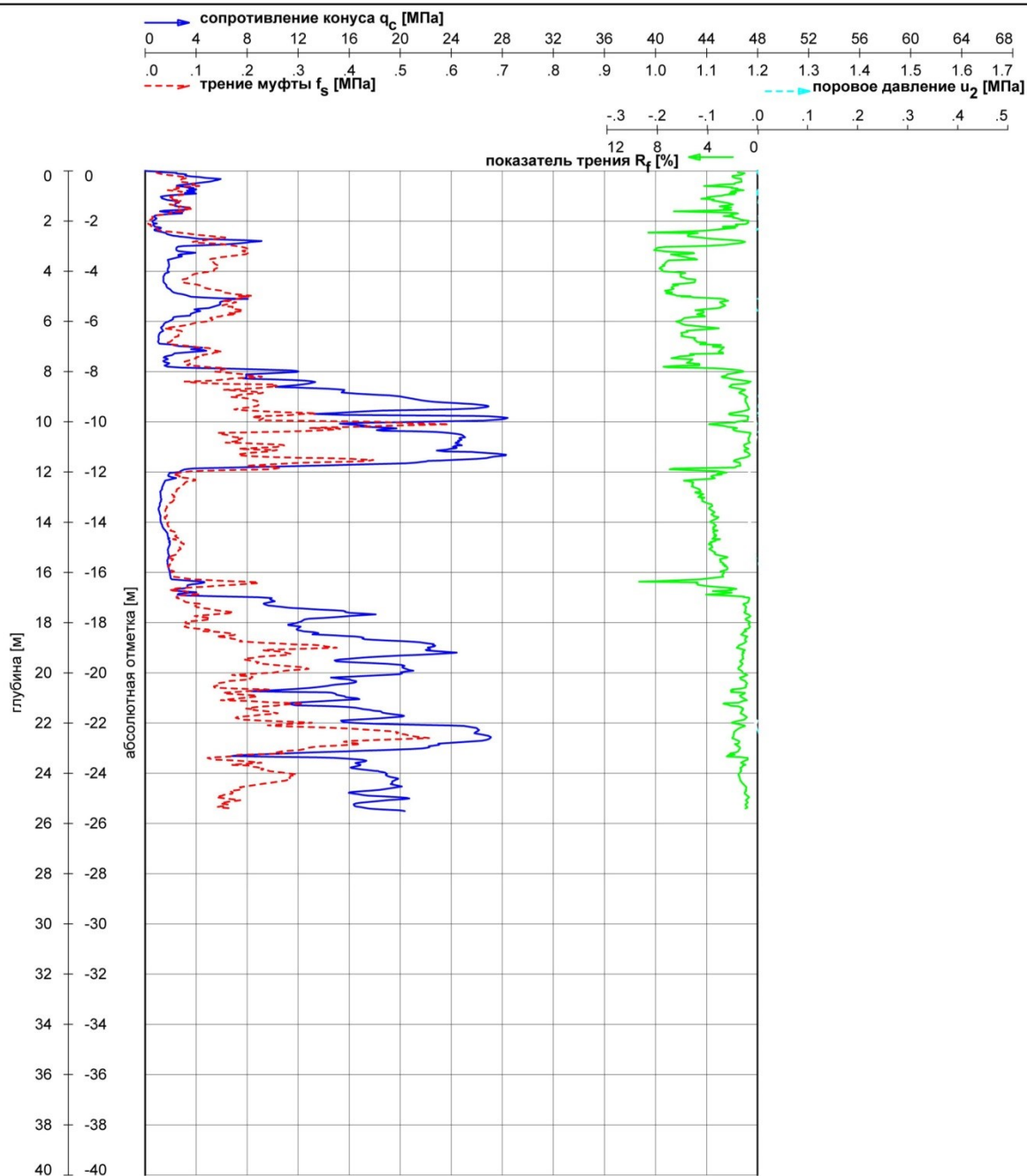
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



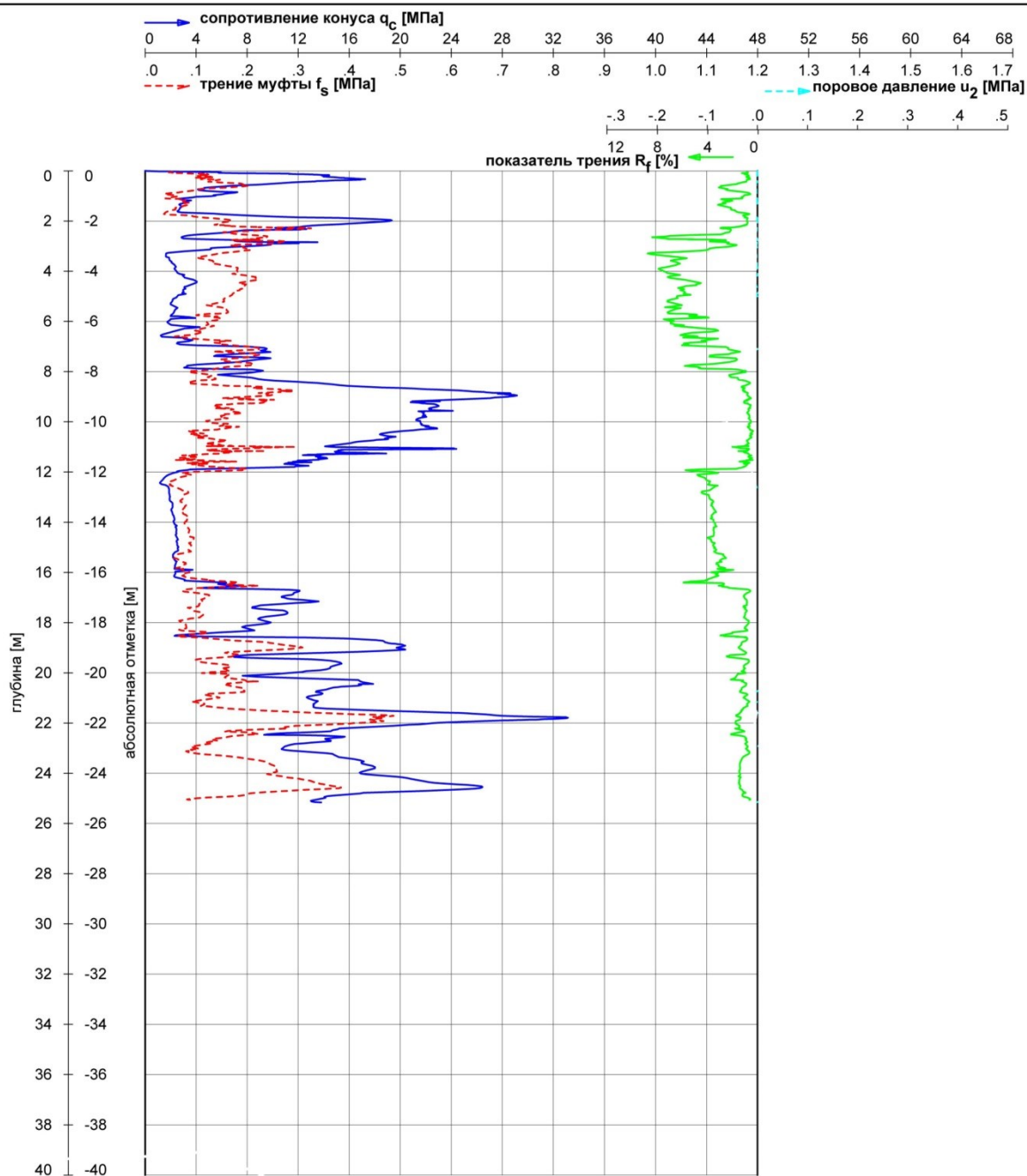
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



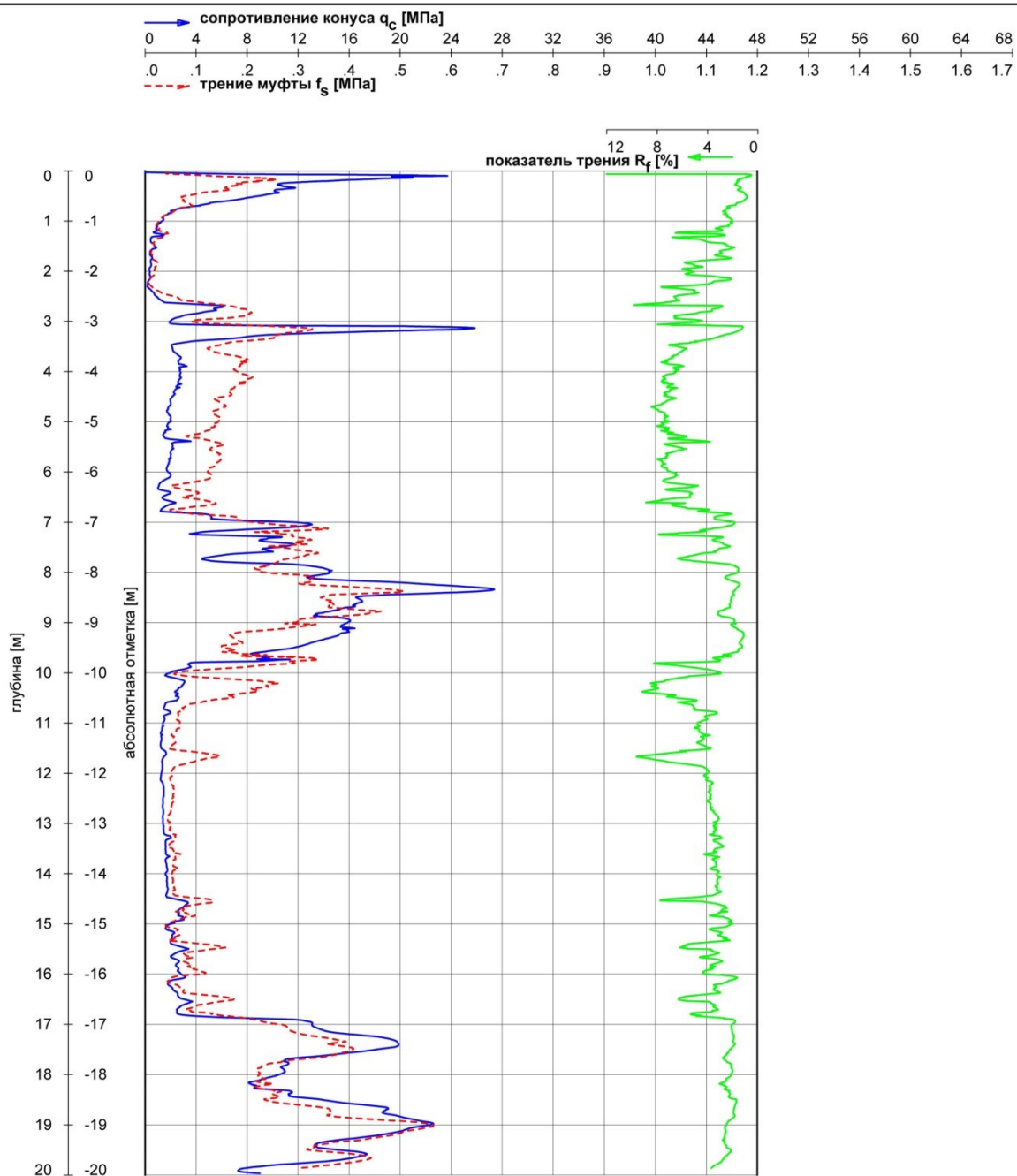
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



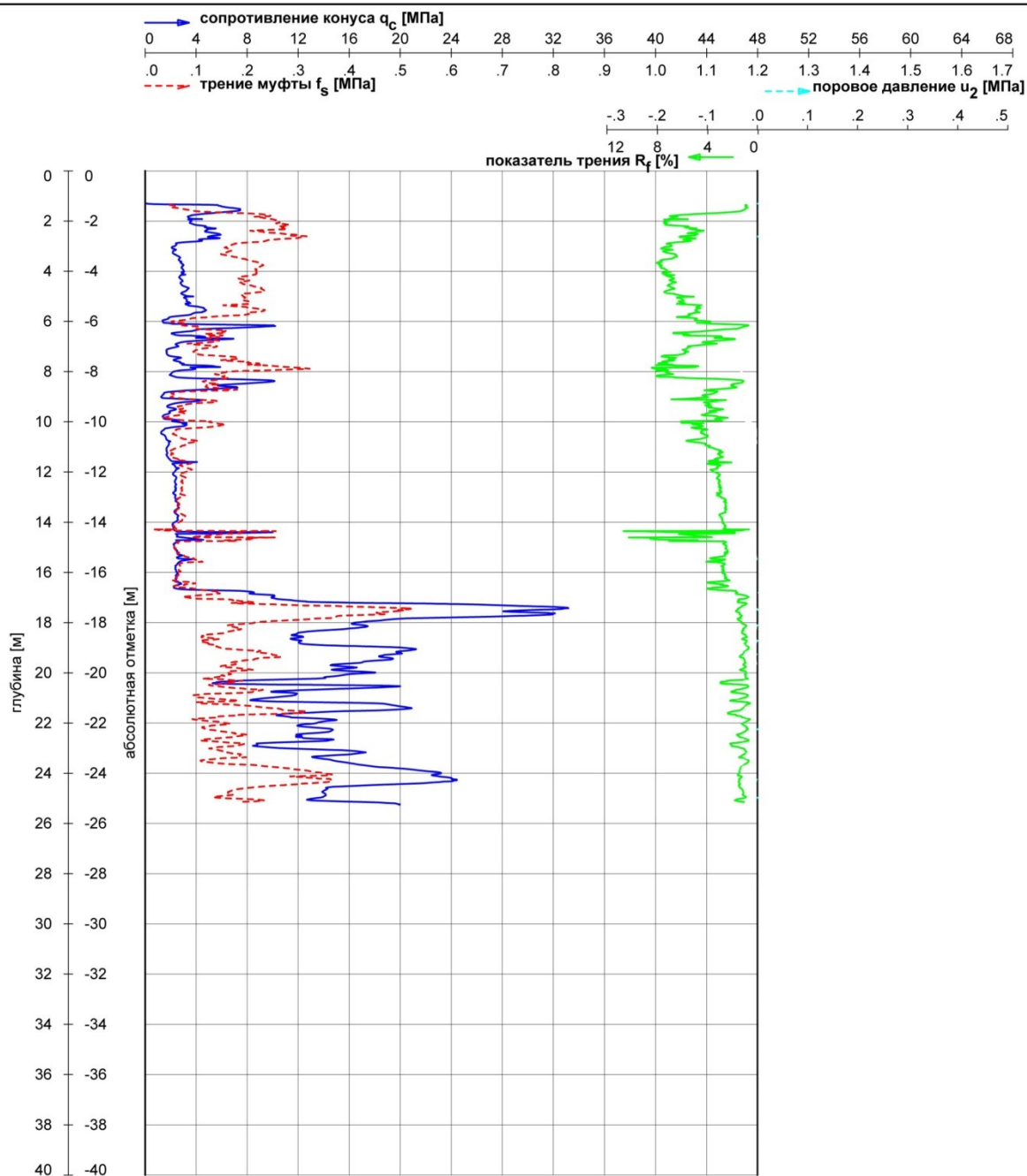
Результаты испытания грунтов статическим зондированием



Результаты испытания грунтов статическим зондированием



Результаты испытания грунтов статическим зондированием



III.2.2.2. Исследование грунтов методом динамического зондирования установкой УБП-15М

Цель и результаты работы

Цель работы – ознакомиться с сущностью метода, его назначением, используемым оборудованием и методикой обработки результатов испытаний грунтов динамическим зондированием.

Отчётные материалы по работе

1. Краткие сведения и методе.
2. Используемое оборудование (рисунки, параметры).
3. Графический и табличный материал результатов обработки данных испытания грунтов динамическим зондированием.

Основные положения метода

Динамическое зондирование грунтов заключается в забивке с помощью молота в грунт зонда, представляющего собой колонну штанг, оканчивающихся коническим наконечником. При этом извлекаемый вместе со штангами конический наконечник называется инвентарным, а остающийся после зондирования в грунте съёмным. В соответствии с ГОСТ 19912-2001 диаметр основания (74 мм) больше диаметра штанг (Рис.37).

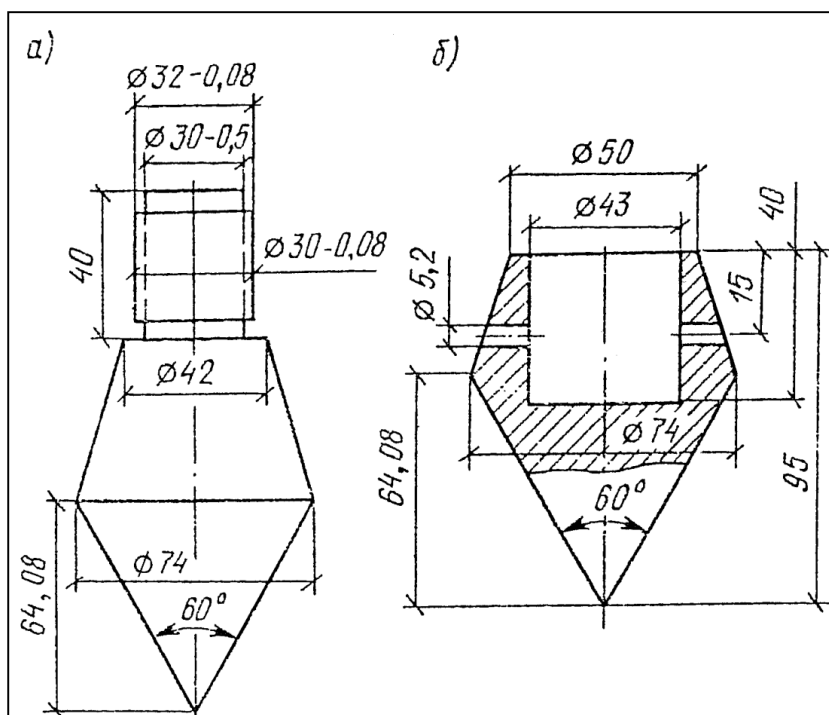


Рис.37. Наконечник зонда для динамического зондирования инвентарный (а) и съёмный (б).

При испытании забивка и извлечение зонда производится с помощью установки УБП-15М (установка буровая пенетрационная). Эта установка кроме производства испытаний грунтов динамическим зондированием глубиной до 20м, позволяет проходить ударно-канатным способом скважины глубиной до 15м. Общий вид установки приведён на Рис.38.

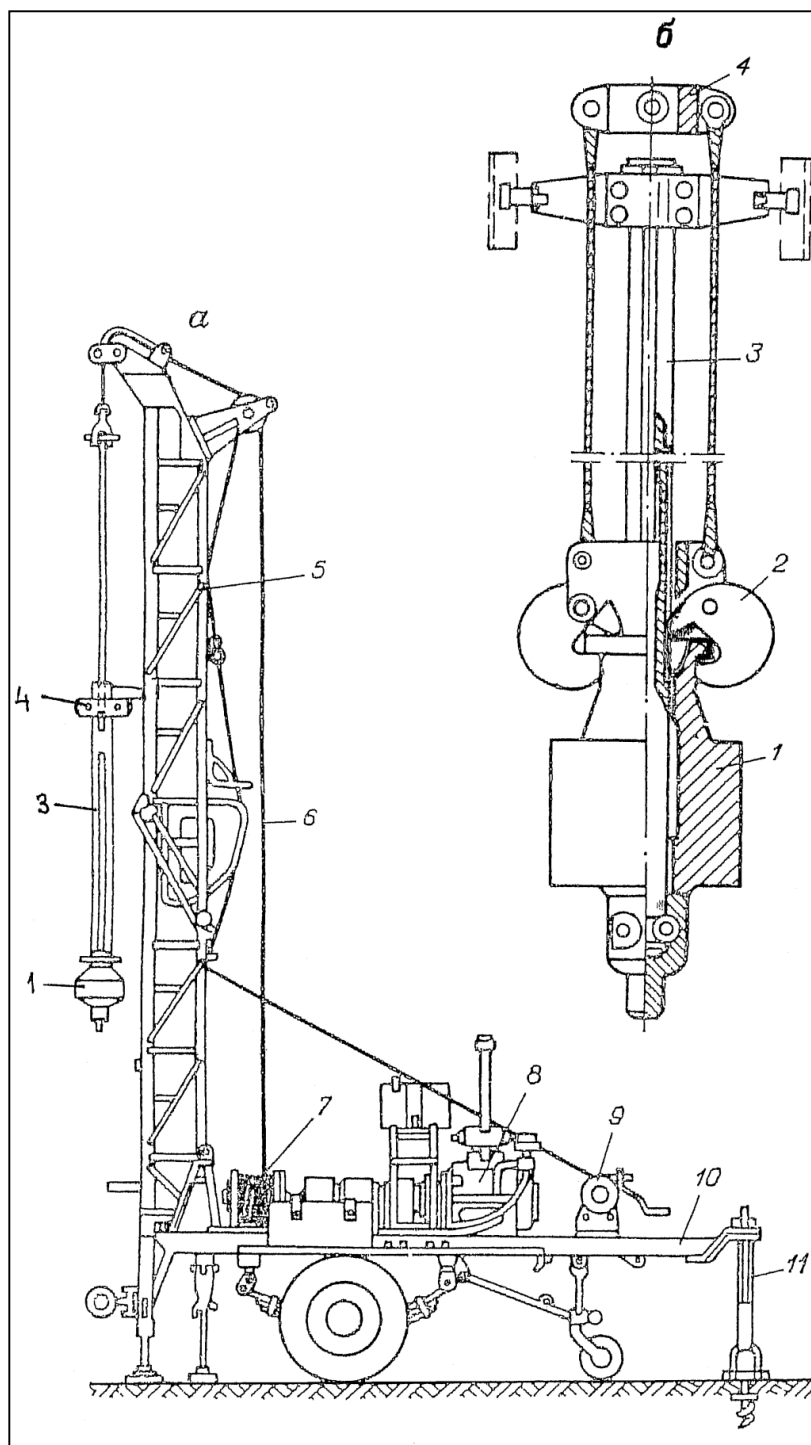


Рис.38. Установка УБП-15 конструкции Гидропроекта для производства динамического зондирования.

а – установка в рабочем положении; б – навесное устройство для подъёма и сбрасывания ударного молота.

1 – ударный молот; 2 – кулачки для захвата и сбрасывания молота; 3 – направляющая штанга; 4 – траверса для подъёма молота; 5 – мачта; 6 – трос; 7 – лебёдка; 8 – двигатель; 9 – ручная лебёдка; 10 – рама; 11 – опоры.

Для испытания применяют зонд, состоящий из штанг длиной по 1,5 м, наружным диаметром 42 мм, и конуса с диаметром основания 74 мм и углом раскрытия 60° .

Глубина погружения зонда s от определённого числа ударов n (залога) и числа ударов N , затрачиваемых на интервал погружения зонда (обычно 10 см), принято называть показателем зондирования:

$$N = 10n/s, \text{ уд/дм.}$$

При проведении испытания динамическим зондированием с глубиной происходит нарушение соотношения между массой зонда и ударника (молота), а также возрастает по мере заглубления зонда трение его боковой поверхности (штанг) о грунт. Это обстоятельство требует использования поправочных коэффициентов для установления исправленного числа ударов при обработке результатов зондирования.

В настоящее время в качестве показателя динамического зондирования в соответствии с ГОСТ 19912-2001, принято условное динамическое сопротивление R_d (МПа), вычисляемое по формуле:

$$R_d = K \Pi_o \Phi n / h,$$

Где K – коэффициент корреляции, учитывающий потери при ударе (таблица 16);

Π_o – коэффициент, учитывающий тип применяемого оборудования (для лёгкого, основного и тяжёлого оборудования, соответственно 30, 110 и 280);

Φ – коэффициент, учитывающий трение штанг о грунт;

n – число ударов в залоге;

h – глубина погружения зонда за залог, см.

Таблица 16

Значение коэффициентов K и Φ для определения показателей зондирования (применительно к установке УБП-15М) по ГОСТ 19912-2001

Интервал глубины зондирования, м	K	Φ для грунтов	
		песчаных	глинистых
0,5 – 1,5	0,62	1,00	1,00
1,5 – 4,0	0,56	0,92	0,84
4,0 – 8,0	0,48	0,84	0,75
8,0 – 12,0	0,42	0,76	0,67
12,0 – 16,0	0,37	0,68	0,59
16,0 – 20,0	0,34	0,60	0,50

Испытания грунтов динамическим зондированием весьма эффективны при проведении комплексных исследований грунтов с применением других полевых методов, а в некоторых случаях единственным пригодным методом для исследования условий залегания и свойств грунтов, например при определении плотности естественных и искусственно намытых песков, особенно когда они залегают ниже уровня грунтовых вод.

Испытание грунтов динамическим зондированием позволяет решать следующие задачи:

- выявление в однородных по литологическому составу участков с разной плотностью сложения (таблица 17);
- устанавливать литологические границы в многослойной толще и уточнять их положение между скважинами. Для этого часть точек зондирования располагают рядом с буровыми скважинами;
- для ориентировочной оценки значений угла внутреннего трения и модуля общей деформации (таблица 18).

Таблица 17

Категории относительной плотности сложения песков по величине показателя динамического зондирования R_d (МПа)

Крупность песков	Плотность сложения песков при условном динамическом сопротивлении грунта R_d , МПа		
	плотные	средней плотности	рыхлые
Крупные и средней крупности независимо от влажности	более 12,6	12,6-3,5	менее 3,5
Мелкие маловлажные	более 10,5	10,5-2,8	менее 2,8
Мелкие водонасыщенные и пылеватые маловлажные	более 8,4	8,8-2,1	менее 2,1
Пылеватые водонасыщенные	более 7,0	7,0-1,4	менее 1,4

Значения угла внутреннего трения (ϕ , град) и модуля общей деформации (E_0 , МПа) для песчаных грунтов по величине показателя динамического зондирования R_d (МПа)

Значение показателя динамического зондирования R_d , МПа	Значение ϕ (град) и E (МПа) для песков различной крупности									
	Крупный		Средней крупности		Мелкий		Пылеватый маловлажный		Пылеватый водонасыщенный	
	ϕ	E	ϕ	E	ϕ	E	ϕ	E	ϕ	E
2,1	20	30	16	30	13	28	8	26	6	21
3,5	26	33	21	33	19	30	13	28	11	23
7,0	39	36	34	36	29	33	22	30	20	25
10,5	49	38	44	38	35	35	28	32	26	27
14,0	55	40	50	40	40	37	32	34	30	29
17,5	60	41	55	41	45	38	35	35	33	30

Л.Г. Мариупольский [] предлагает ряд формул для оценки состояния грунтов по величине показателя R_d (МПа) грунтов. Так, для оценки показателя текучести I_L моренных пылевато-глинистых грунтов им рекомендована следующая формула:

$$I_L = -0,45 \lg R_d + 0,4.$$

Для аллювиальных и флювиогляциальных песков оценку коэффициента пористости можно выполнить по формуле:

$$e = 0,80 - 0,22 \lg R_d.$$

Плотность сложения песков может быть установлена по формуле:

$$\rho = \rho_s (1+W) / 1,8 - 0,22 \lg R_d,$$

где ρ_s – плотность минеральных частиц, г/см³;

W – весовая влажность грунта, д.е.

Для моренных суглинков им рекомендована формула для определения модуля общей деформации:

$$E = 3,13 R_d + 6,84$$

Аналогичные формулы предлагаются для определения модуля общей деформации флювиогляциальных и аллювиальных песков, соответственно:

$$E = 2,99 R_d + 9,96;$$

$$E = 3,71 R_d + 3,56.$$

В соответствии с ГОСТ 19912-2001 результаты динамического зондирования оформляют в виде графика изменения показателя условного динамического сопротивления с глубиной (Рис.39).

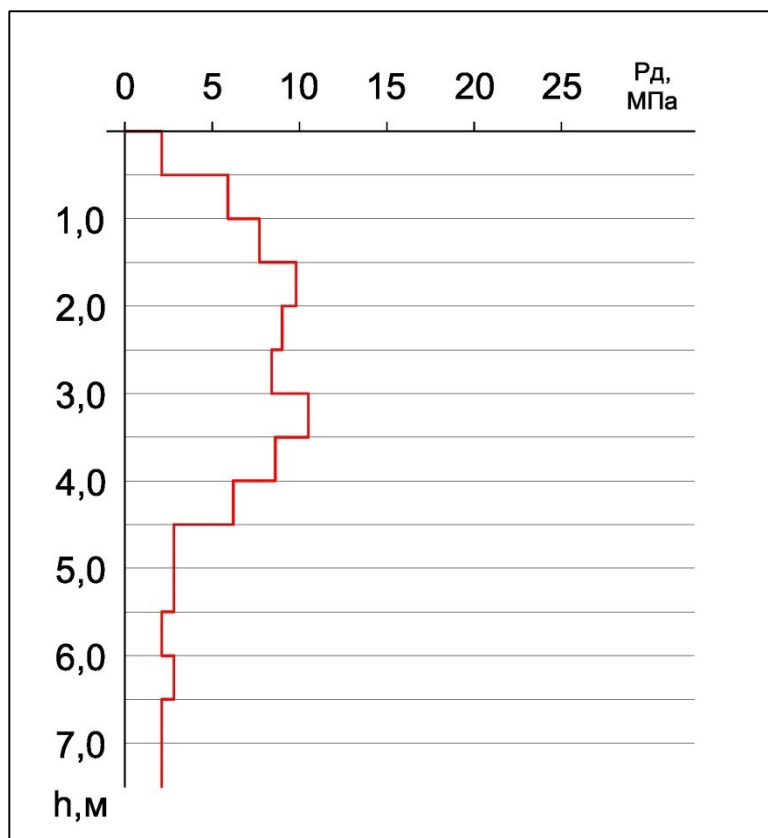


Рис.39. График изменения показателя условного динамического зондирования с глубиной.

Масштаб графика: по вертикали – глубина зондирования 1:100, по горизонтали – условное динамическое сопротивление в 1см – 2 МПа. После построения графика рекомендуется осреднять по интервалам со схожими значениями показателей условного динамического сопротивления с последующим расчётом среднего значения показателя зондирования для каждого интервала.

Задание 7. Обработка результатов испытания грунтов методом динамического зондирования УБП-15М.

При проведении инженерно-геологических изысканий проведено испытание грунтов методом динамического зондирования установкой УБП-15М. Условия проведения испытаний (наименование грунтов, сведения о глубине залегания грунтовых вод) приведены в таблице ниже (таблица 19).

Условия проведения испытаний

Вариант	Наименование песка по крупности	Глубина залегания грунтовых вод, м
1	Мелкий	5
2	Средней крупности	4
3	Крупный	3
4	Пылеватый	6
5	Мелкий	5
6	Средней крупности	4
7	Крупный	3
8	Пылеватый	6
9	Мелкий	5
10	Средней крупности	4
11	Крупный	3
12	Пылеватый	6
13	Мелкий	5
14	Средней крупности	4
15	Крупный	3
16	Пылеватый	6
17	Мелкий	5
18	Средней крупности	4
19	Крупный	3
20	Пылеватый	6
21	Мелкий	5
22	Средней крупности	4
23	Крупный	3
24	Пылеватый	6
25	Мелкий	5
26	Средней крупности	4
27	Крупный	3
28	Пылеватый	5
29	Мелкий	6
30	Средней крупности	4

Была проведена предварительная обработка полевых материалов испытаний грунтов и рассчитаны значения показателей динамического зондирования R_d (МПа) на всю глубину зондирования от 0 до 15 м. Исходные данные для построения графика изменения показателя динамического зондирования с глубиной H (м) приведены в таблице 20. Необходимо провести окончательную обработку результатов испытания грунтов методом динамического зондирования для выделения в толще испытанных песков зон с различной степенью плотности и дать предварительную оценку их прочностных и деформационных свойств.

Исходные данные Рд по вариантам заданий, МПа

Таблица 20

Глубина зондирования, м	Варианты заданий														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,0 – 0,5	1,4	2,1	2,8	0,7	2,1	2,8	3,5	1,4	1,4	2,1	2,8	0,7	0,7	1,4	2,1
0,5 – 1,0	4,2	4,9	5,6	3,2	4,9	5,6	6,3	4,2	2,8	3,5	4,2	2,1	2,1	2,8	2,8
1,0 – 1,5	7,0	7,7	8,4	6,3	6,3	7,0	7,7	5,6	4,2	4,9	5,6	3,5	2,8	3,5	2,8
1,5 – 2,0	5,6	6,3	7,0	4,9	7,0	7,7	8,4	6,3	2,8	3,5	4,2	2,1	8,4	9,1	9,1
2,0 – 2,5	6,3	7,0	6,3	5,6	5,6	6,3	7,0	4,9	4,2	4,9	5,6	3,5	1,2	1,9	1,2
2,5 – 3,0	7,7	8,4	9,1	7,0	8,4	9,1	9,8	7,0	2,1	2,8	3,5	1,4	9,8	10,5	11,9
3,0 – 3,5	9,8	10,5	11,2	9,1	7,0	7,7	7,7	6,3	1,4	2,1	2,8	1,4	11,2	11,9	12,6
3,5 – 4,0	6,3	7,0	7,7	5,6	3,5	4,2	4,2	2,8	0,7	1,4	2,1	0,7	8,4	9,1	9,8
4,0 – 4,5	3,5	4,2	4,9	2,8	1,4	2,1	2,8	0,7	1,4	2,1	2,1	1,4	5,6	6,3	7,0
4,5 – 5,0	2,1	2,8	2,8	1,4	0,7	1,4	2,1	0,7	3,5	4,2	3,5	3,5	4,2	4,9	5,6
5,0 – 5,5	2,1	2,8	2,1	1,4	1,4	2,1	1,4	1,4	4,9	5,6	6,3	4,2	2,1	2,8	3,5
5,5 – 6,0	1,4	2,1	2,8	1,4	1,4	2,1	2,8	1,4	8,4	9,1	9,8	7,7	1,4	2,1	2,8
6,0 – 6,5	2,1	2,8	2,1	1,4	4,2	4,9	5,6	3,5	7,0	7,7	8,4	6,3	1,4	2,1	2,1
6,5 – 7,0	1,4	2,1	1,4	1,4	5,6	6,3	7,0	4,9	5,6	6,3	7,0	4,9	1,4	2,1	2,1
7,0 – 7,5	1,4	2,1	2,8	0,7	4,9	5,6	6,3	4,2	7,0	7,7	8,4	6,3	0,7	1,4	2,8
7,5 – 8,0	2,8	3,5	4,2	2,1	8,4	9,1	9,8	7,7	2,8	3,5	4,2	2,1	2,8	3,5	1,4
8,0 – 8,5	4,9	4,2	4,9	5,6	3,5	4,9	5,6	6,3	4,2	10,5	11,2	12,6	11,2	7,0	6,3
8,5 – 9,0	4,2	5,6	6,3	7,0	4,9	7,0	7,7	8,4	6,3	11,2	11,9	11,9	10,5	5,6	7,0
9,0 – 9,5	3,5	7,0	7,7	8,4	6,3	5,6	6,3	7,0	4,9	16,8	16,8	15,4	14,0	4,2	8,4
9,5 – 10,0	4,9	5,6	6,3	7,0	4,9	4,2	4,9	5,6	3,5	16,8	18,2	16,8	15,4	7,0	11,2
10,0 – 10,5	7,0	8,4	8,4	9,8	7,7	2,1	2,8	4,2	1,4	15,4	16,8	18,2	12,6	9,8	11,9
10,5 – 11,0	5,6	7,0	7,7	12,6	7,0	2,1	2,8	3,5	1,4	16,8	18,2	16,8	14,0	11,2	14,0
11,0 – 11,5	7,7	7,7	8,4	11,2	6,3	1,4	2,1	2,8	0,7	14,0	14,0	14,0	12,6	10,5	12,6
12,5 – 12,0	12,2	6,3	7,0	7,0	5,6	1,4	2,1	2,8	0,7	16,8	16,8	15,4	14,0	9,8	16,1
12,0 – 12,5	12,6	10,5	11,2	11,2	9,8	1,4	1,4	2,1	1,4	17,5	18,2	18,2	13,3	12,6	13,3
12,5 – 13,0	11,2	11,9	13,3	14,0	11,2	2,1	2,8	1,4	2,1	16,1	16,8	16,8	14,7	16,8	10,5
13,0 – 13,5	17,5	14,0	11,2	12,6	15,4	10,5	4,2	4,2	2,8	3,5	12,6	12,6	14,0	12,6	7,0
13,5 – 14,0	12,6	13,3	14,0	14,0	12,6	7,0	7,0	4,2	6,3	11,2	11,9	11,2	9,8	14,0	7,7
14,0 – 14,5	13,3	16,8	18,2	16,8	15,4	10,5	12,6	8,4	9,8	9,8	11,2	11,2	8,4	14,7	5,6
14,5 – 15,0	11,2	16,8	15,4	14,0	17,5	14,0	12,6	9,8	11,2	12,6	12,6	9,8	11,2	13,3	8,4

Продолжение таблицы 20

Глубина зондирования, м	Варианты заданий														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0,0 – 0,5	1,9	2,6	3,0	5,0	2,3	2,6	3,7	6,7	1,9	1,9	2,8	17,6	2,4	2,6	10,4
0,5 – 1,0	2,0	2,7	3,2	5,2	2,5	2,4	3,8	6,5	2,2	2,4	2,7	10,3	2,6	2,4	12,8
1,0 – 1,5	2,0	3,1	3,3	5,4	2,7	2,6	4,0	6,3	2,3	2,5	3,2	10,1	2,8	2,6	13,0
1,5 – 2,0	1,9	3,0	3,2	5,3	3,0	2,7	4,2	6,2	2,4	2,6	3,4	10,0	2,6	2,7	13,2
2,0 – 2,5	2,0	2,8	3,4	5,5	2,6	2,6	4,3	6,3	2,5	2,6	3,3	10,0	2,8	7,8	13,5
2,5 – 3,0	2,0	3,3	4,5	5,7	2,5	6,3	4,5	3,2	5,6	3,0	3,5	9,8	4,9	8,0	13,3
3,0 – 3,5	4,2	8,2	4,7	3,2	5,8	6,5	8,7	3,1	5,8	3,2	3,4	3,4	5,2	8,2	13,5
3,5 – 4,0	4,4	8,0	4,7	3,0	6,0	6,7	8,8	3,0	5,8	3,4	7,3	3,3	5,4	8,4	16,7
4,0 – 4,5	4,6	8,1	4,6	3,1	6,2	6,6	8,6	3,0	8,2	3,6	7,4	3,4	5,4	8,6	16,9
4,5 – 5,0	4,4	7,9	5,2	3,4	6,4	6,8	8,4	3,2	8,0	3,4	7,5	3,2	8,6	10,6	17,0
5,0 – 5,5	4,2	6,8	5,6	3,3	6,4	4,9	8,5	3,4	8,2	2,0	7,8	3,4	7,8	10,0	17,0
5,5 – 6,0	4,0	6,2	5,4	8,2	6,2	5,1	11,8	9,5	8,3	2,0	7,4	6,8	7,6	10,4	16,8
6,0 – 6,5	3,3	6,2	5,0	8,6	3,2	5,0	12,2	9,7	7,2	1,8	12,6	7,0	7,8	8,9	12,0
6,5 – 7,0	3,2	6,2	5,2	8,8	3,0	5,0	12,4	9,6	7,4	1,9	12,6	7,2	6,2	9,0	11,8
7,0 – 7,5	3,0	6,4	6,7	8,8	3,2	4,9	12,5	9,6	7,6	1,9	12,4	7,2	6,2	9,2	11,6
7,5 – 8,0	1,3	8,6	6,9	9,2	2,8	8,6	12,2	9,8	7,4	4,3	12,8	10,9	6,0	9,4	2,8
8,0 – 8,5	1,2	8,9	7,1	13,1	1,3	8,4	16,4	13,9	5,6	4,5	13,0	11,5	6,1	12,1	2,6
8,5 – 9,0	1,2	9,1	7,4	13,5	1,1	8,6	16,6	14,0	5,4	4,6	13,2	11,7	3,4	12,0	2,4
9,0 – 9,5	1,3	9,0	7,2	13,7	1,2	8,7	16,8	14,2	5,4	4,5	17,1	11,9	3,6	11,8	2,6
9,5 – 10,0	2,7	9,3	7,6	13,6	1,3	8,6	16,6	14,4	5,2	9,2	17,2	12,1	3,4	11,8	2,8
10,0 – 10,5	2,9	9,0	10,9	13,4	1,3	6,3	16,4	14,4	2,0	9,4	17,3	13,4	3,6	7,6	3,0
10,5 – 11,0	3,3	2,0	11,7	11,2	4,6	6,5	10,9	14,2	2,1	9,6	17,2	13,8	8,1	7,4	4,8
11,0 – 11,5	3,4	1,8	11,9	11,0	4,8	6,7	10,8	11,3	2,0	9,4	17,5	14,0	8,1	7,4	5,0
12,5 – 12,0	7,2	1,9	14,6	11,1	5,0	6,5	10,6	11,0	2,0	9,2	15,1	14,1	8,0	7,2	5,2
12,0 – 12,5	7,4	2,0	14,8	11,2	4,8	6,8	10,6	10,8	1,3	10,1	14,9	14,2	7,8	5,8	5,6
12,5 – 13,0	7,4	2,0	14,6	16,3	4,8	7,0	10,8	10,8	1,2	10,2	14,8	14,3	6,7	5,8	5,2
13,0 – 13,5	7,5	6,1	15,0	16,4	7,6	2,0	15,4	10,8	1,3	10,4	14,8	17,2	6,6	6,0	5,3
13,5 – 14,0	5,4	6,2	15,2	16,5	7,8	2,1	15,8	12,5	4,2	8,8	14,3	17,4	6,4	6,2	9,9
14,0 – 14,5	5,2	6,4	15,4	16,7	8,2	1,9	16,0	12,7	4,4	8,6	14,2	17,6	6,2	6,2	10,2
14,5 – 15,0	5,2	6,2	15,6	16,9	8,2	2,0	16,0	12,6	4,4	8,6	14,4	17,8	6,4	6,0	10,3

Обработку результатов испытания грунтов динамическим зондированием рекомендуется вести в следующей последовательности.

1. Построить по данным таблицы 20 для выданного варианта график изменения с глубиной H (м) показателя динамического зондирования R_d (МПа) в масштабах, рекомендованных выше.
2. На графике с использованием оценки категорий относительной плотности сложения песков в зависимости от их крупности и степени водонасыщения по величине показателя динамического зондирования R_d (МПа) приведённых в таблице 17, провести выделение зон с разной их плотностью сложения.
3. Для каждой выделенной зоны рассчитать среднее значение показателя динамического зондирования R_{di}^{cp} (МПа).
4. Используя данные таблицы 18, в соответствии с условиями проведения испытаний (таблица 19, крупность песков, степень водонасыщения) построить графики изменения угла внутреннего φ (град) и модуля общей деформации E_0 (МПа) от показателя динамического зондирования R_d (МПа)
5. Используя построенные графики, а также величину среднего значения показателя динамического зондирования R_{di}^{cp} для каждой выделенной зоны песков с той или иной категории относительной плотности сложения установить значения угла внутреннего трения φ (град) и величину модуля общей деформации E_0 (МПа).
6. Используя сведения, приведённые в таблице 21 дать характеристику механических свойств песков для каждой выделенной зоны.

Таблица 21

Характеристика механических свойств песка

Свойство	Показатель	Категории	Значения показателей
Сжимаемость	Модуль общей деформации E_0 , МПа	Сильносжимаемые	Менее 5
		Сжимаемые	5-20
		Малосжимаемые	20-50
		Незначительносжимаемые	Более 50
Прочность	Угол внутреннего трения φ , град	Непрочные	Менее 25
		Малопрочные	25-30
		Прочные	30-40
		Высокопрочные	Более 40

Пример оформления материалов обработки результатов испытания грунтов методом динамического зондирования приведён в приложении 7.

III.2.2.3 Исследование грунтов методом динамического зондирования лёгкими забивными зондами (ЛЗЗ)

Цели и результаты работы

Цель работы – ознакомиться с сущностью метода, его назначением, используемым оборудованием и методикой обработки результатов испытания грунтов ЛЗЗ.

Отчётные материалы по работе

1. Краткие сведения о методе
2. Используемое оборудование (рисунки, параметры)
3. Графический и табличный материалы результатов обработки данных испытания грунтов динамическим зондированием ЛЗЗ

Основные положения метода

Сущность метода испытания грунтов динамическим зондированием лёгкими забивными зондами (ЛЗЗ) аналогична их испытанию установкой УБП-15М и приведена в разделе III. 2.2.2.

Лёгкие забивные зонды разработаны для ведения оперативного контроля за плотность послойной укладки песков в намывные и насыпные сооружения (дамбы или искусственные основания).

Применяемый до разработки ЛЗЗ метод контроля качества укладки грунтов в искусственные сооружения с помощью режущего кольца (см раздел III.3.3) весьма трудоёмок и дорог, что не даёт возможности оперативно с большей детальностью опробования устанавливать качество укладки грунта в сооружение, принимать решение о возможности продолжать возведение сооружения или выявлять необходимость доуплотнения уже уложенного слоя грунта.

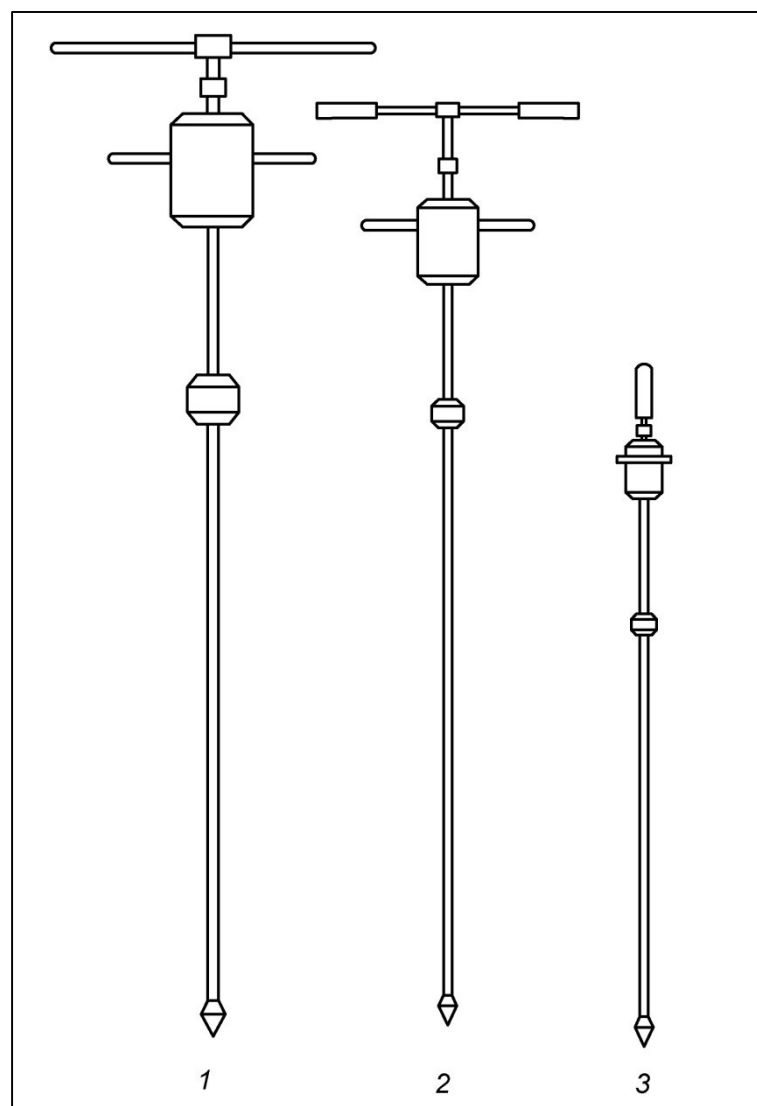
Разработанные ЛЗЗ позволяют в течение нескольких минут, с минимальными трудозатратами, непосредственно на карте укладки грунта в сооружение, оценить его плотность сложения и принять решение о продолжении возведения сооружения или о необходимости доуплотнения уже уложенного грунта.

Оперативность и малая стоимость определения плотности грунта позволяют повысить детальность определения качества укладки грунта в сооружение и выявлять на картах отсыпки (намыва) зон с недостаточной степенью уплотнения. Последовательное послойное зондирование позволяет оценить искусственный грунтовый массив на всю его мощность.

В МГСУ были разработаны три модификации лёгких забивных зондов: ЛЗЗ-1, ЛЗЗ-2 и ЛЗЗ-3. ЛЗЗ-1 разрабатывался для поярусного контроля качества укладки грунтов в сооружение, а ЛЗЗ-2 и ЛЗЗ-3 для послойного оперативного контроля качества укладки грунтов в земляные сооружения.

При разработке соблюдался принцип геометрического подобия параметров ЛЗЗ установке УБП-15М, а для зонда ЛЗЗ-2 было соблюдено подобие и энергетических параметров, что позволило создать одинаковое давление под конусом ЛЗЗ-2 и УБП-15М.

Основные параметры лёгких забивных зондов ЛЗЗ-2 и ЛЗЗ-3 и их внешний вид приведены на Рис.40.



Параметры зондов	Модификация ЛЗЗ		
	ЛЗЗ-1	ЛЗЗ-2	ЛЗЗ-3
Масса зонда Q , кг	4,0	2,0	1,0
Масса молота M_m , кг	10,0	5,0	2,5
Высота падения молота H , см	40,0	20,0	20,0
Диаметр конического наконечника, мм	36,0	18,0	18,0
Угол при вершине конуса, градусы	60	60	60
Диаметр рабочей штанги, мм	20	10	10
Длина рабочей штанги l , см	120	100	70
Критическая глубина зондирования, см	30-40	15-20	5-10

Рис.40. Лёгкие забивные зонды конструкции МИСИ
1 - ЛЗЗ-1; 2 - ЛЗЗ-2; 3 – ЛЗЗ-3

Лёгкий забивной зонд ЛЗЗ-3 за счёт уменьшения массы молота до 2,5 кг и высоты его сбрасывания до 20 см обеспечили уменьшение энергии удара и сделали его более чувствительным к изменению плотности укладываемого грунта и обеспечили ему широкое применение при проведении оперативного контроля за послойно возводимыми искусственными земляными сооружениями.

В качестве показателя динамического зондирования при применении ЛЗЗ используют значение числа ударов молота, необходимое для погружение зонда на 10 см N (уд/дм):

$$N = 10 * \frac{n}{h},$$

где n – число ударов молота в залоге, т.е. условно принятое число ударов, после которого производится замер осадки зонда;

h – глубина погружения зонда за залог, см.

В настоящее время в соответствии с ГОСТ 19921-2001 в качестве показателя динамического зондирования используется условное динамическое сопротивление R_d (МПа). При необходимости перехода от показателя N к R_d можно воспользоваться номограммой, приведённой на Рис.41.

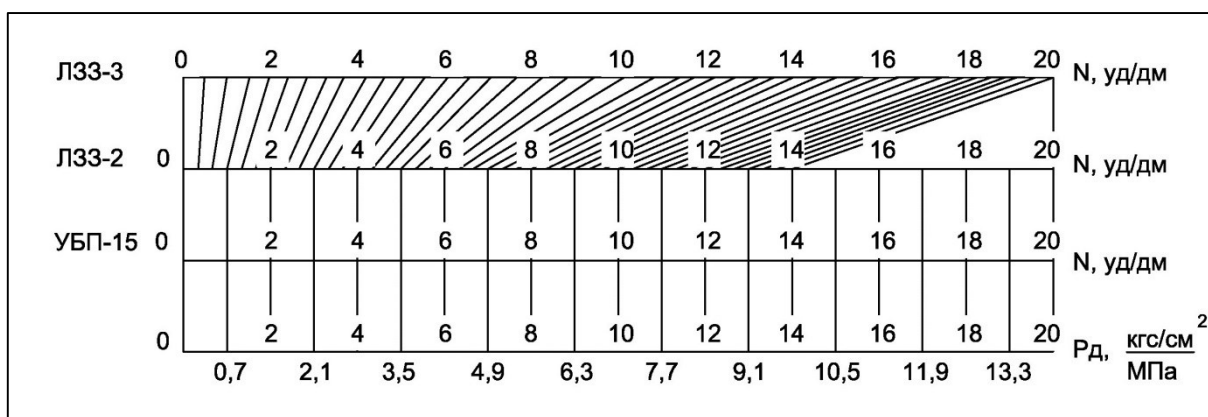


Рис. 41. Номограмма перехода от показателя динамического зондирования N для ЛЗЗ-3, ЛЗЗ-2 и УБП-15 к условному динамическому сопротивлению грунта R_d

При проведении оперативного контроля за качеством укладки грунта в земляные сооружения следят за соблюдением достижения минимально допустимого (контрольного) значения плотности сложения грунта (ρ_d^k).

При использовании ЛЗЗ следят за достижением минимального значения показателя динамического зондирования (N^k), соответствующего значению (ρ_d^k). Для установления зависимости между показателем динамического зондирования и плотностью скелета грунта проводится тарирование ЛЗЗ. Для этого проводят испытание грунтов динамическим зондированием в точках, представляющих собой вершины равностороннего треугольника со стороной 0,5 м. Анализируя результаты зондирования выбирают на некоторой глубине интервал, где по всем трём испытаниям величина показателя динамического

зондирования примерно одинаковая и рассчитывают среднее значение показателя (N^{cp}). Внутри этого треугольника, в интервале глубин, где показатели зондирования примерно равны, с помощью режущего кольца отбирают две пробы грунта ненарушенной структуры (см раздел III.2.6) и в лаборатории определяют значение плотности скелета грунта. Рассчитав среднее значение плотности скелета (ρ_d^{cp}) сопоставляют его со средним значением показателя динамического зондирования (N^{cp}). Проводя аналогичные работы в пунктах где плотность грунта меняется от рыхлого до плотного сложения, набирают данные по которым затем строят график зависимости показателя динамического зондирования от плотности скелета грунта (Рис.42)

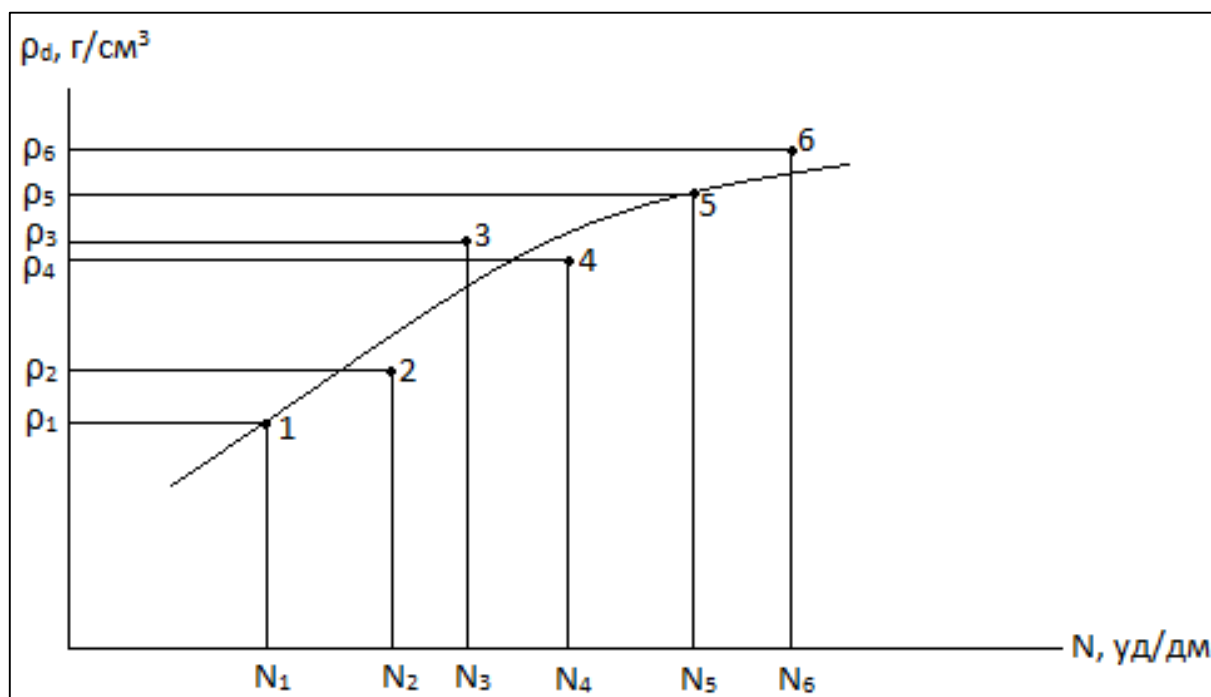


Рис.42. К построению тарировочной кривой

Существует методика построения тарировочной зависимости без проведения отбора проб режущим кольцом и проведения зондирования. Она позволяет составить прогнозционную тарировочную зависимость для ЛЗЗ-3. Для этого необходимо:

1. Определить предельные плотности сложения песка ρ_d^{min} и ρ_d^{max} и плотность минеральных частиц ρ_s .
2. Рассчитать коэффициенты относительной уплотнённости песков F_d :

$$F_d = (\rho_s(\rho_d^{max} - \rho_d^{min})) / (\rho_d^{min}(\rho_s - \rho_d^{max}))$$

3. По графику зависимости коэффициента относительной уплотнённости песка от показания динамического зондирования для ЛЗЗ-3 (Рис.43) установить теоретическое предельное значение показателя динамического зондирования для свежееуплотнённых песков (N^{max}).

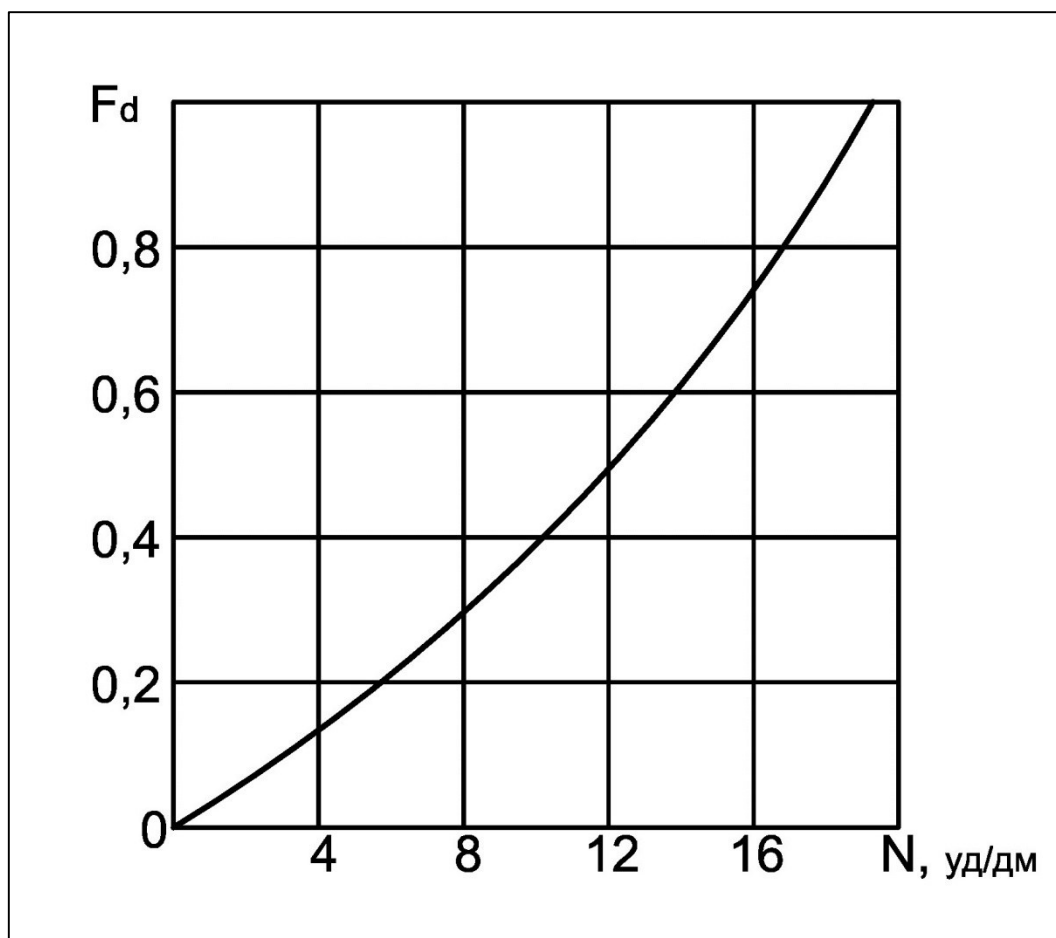


Рис.43.График зависимости коэффициента относительной уплотнённости песка от показателя динамического зондирования для ЛЗЗ-3.

4. Меняя значения N от 0 до $N^{\max}$ по данному графику (Рис.43) снимаем соответствующие им значения F_d .

5. Используя нижеприведённую формулу, а также величину F_d для заданного значения N рассчитывают значение плотности скелета песка:

$$\rho_d = (\rho_d^{\min}(F + \rho_s)) / (\rho_s + F\rho_d^{\min}).$$

6. По набранным значениям ρ_d и соответствующим им значениям N строят теоретическую тарировочную зависимость.

Задание 8. Обработка результатов испытания грунтов лёгким забивным зондом ЛЗЗ

Необходимо оценить однородность сложения насыпных грунтов по плотности с помощью ЛЗЗ. Такую оценку можно проводить для изучения изменения плотности сложения насыпного грунта по глубине вдоль отсыпаемого линейного сооружения (например, при подготовке дорожного полотна), или для установления зон с различной степенью уплотнённости грунта на карте отсыпки (намыва) при создании искусственных оснований сооружений.

Для решения поставленной задачи необходимо выполнить следующие операции.

1. Зафиксировать в журнале место проведения работ и нарисовать схему проведения испытаний насыпных грунтов ЛЗЗ с указанием расстояний между точками зондирования на профиле (при линейном сооружении), а также между профилями (при оценке основания сооружения).

2. Провести зондирование грунтов в намеченных на плане и внесённых в натуру точках.

При зондировании необходимо выполнять следующие требования:

- зонд забивать строго вертикально;
- не допускать придания молоту дополнительного ускорения при его сбрасывании;
- не допускать удара молота об ограничитель его подъёма или рукоятку при подъёме молота;
- вынимать зонд из грунта без раскачивания усилием, направленным строго вверх и приложенным только к низу наковальни;
- глубину погружения фиксировать по рабочей штанге относительно пластины или линейки, положенной на поверхность грунта рядом с зондом;
- перед очередным зондированием проверить затяжку резьбовых соединений зонда.

3. Провести обработку журналов зондирования, переводя показатель зондирования N в условное динамическое сопротивление R_d , воспользовавшись номограммой перехода (Рис.41).

4. Построить графики динамического зондирования, расположив их на изучаемых профилях. Рекомендуются применять следующие масштабы: по вертикали – 1 см на графике соответствует 10 см глубины зондирования; по горизонтали – 2 МПа соответствует 1 см на графике.

5. При оценке линейной насыпи на каждом графике зондирования по профилю выделить характерные интервалы R_d и установить категорию относительной плотности песков с помощью таблицы (см раздел 3.2.2. таблица 17).

При оценке качества укладки грунта на карте отсыпки основания, для каждой зондировочной точки рассчитать среднее значение R_d для 0,5 м интервала глубины зондирования и определить категорию относительной плотности сложения песка.

6. На зондировочном профиле выделить зоны с различной относительной плотностью сложения песка (приложение 8).

При оценке плотности сложения основания сооружения на карте отсыпки аналогично выделяются зоны с различной относительной плотностью сложения песков, но только не по глубине, а в плане.

7. При наличии тарировочных кривых для изучаемых песков можно построить аналогичные графические материалы по качеству укладки грунтов, но уже со значениями плотности их сложения.

III. 2.3. Испытание грунтов методом статических нагрузок на штамп

Цель и результаты работы

Знакомство с методикой проведения штамповых испытаний, применяемым оборудованием и методами обработки результатов испытаний.

Отчётные материалы по работе

1. Краткие сведения о методе штамповых испытаний.
2. Используемое оборудование (параметры, рисунки).
3. Графический и табличный материал результатов обработки данных испытания грунтов штамповыми испытаниями.

Основные положения метода

Для расчёта осадок сооружения за счёт деформации грунтов основания, происходящей при их уплотнении под действием приложенной к ним статической нагрузки от сооружения, применяется деформационная характеристика грунта, называемая модулем общей деформации (E_0).

Модуль общей деформации может быть определён в лабораторных условиях на образцах грунтов, отобранных при проходке буровых скважин, или в полевых условиях непосредственно в сжимаемой толще массива грунта будущего основания сооружения.

В соответствии с требованиями МГСН 2.07-01 для объектов первой (I) геотехнической категории, к которым относятся сооружения пониженного (III) уровня ответственности, в простых и средней сложности инженерно-геологических условиях допускается для расчёта осадок использовать значение модуля общей деформации по результатам его определения в лабораторных условиях, по архивным данным или по таблицам СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений» [...].

Для объектов второй (II) и третьей (III) геотехнической категории, значение модуля общей деформации должно браться в расчёт осадки сооружения по результатам полевых испытаний грунта

К объектам 2 геотехнической категории относятся сооружения повышенного (I) и нормального (II) уровня ответственности в простых и средней сложности инженерно-геологических условиях. К объектам 3 геотехнической категории относятся сооружения I и II уровня ответственности в сложных инженерно-геологических условиях, а также подземные и заглубленные сооружения в условиях плотной городской застройки.

Модуль общей деформации в полевых условиях определяется плоским или винтовым штампом в соответствии с требованиями, предъявляемыми к этим испытаниям ГОСТ 20276-99 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости» [...].

В отличие от лабораторных, испытания в полевых условиях выполняются для большого объёма грунта с наименьшим разрушением его структуры, в условиях естественной влажности и природного дренирования, а

также при существующем уровне вертикальных и горизонтальных напряжений в грунтовом массиве.

Выбор штампа при проведении полевых испытаний зависит от вида грунтов сжимаемой толщи и глубины заложения фундаментов сооружения. ГОСТ 20276-99 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости» [...] рекомендует использовать жёсткие штампы круглой формы следующих типов:

I – при установке в шурфах или на дне неглубокого котлована: с плоской подошвой площадью 1000, 2500 и 5000 см² для песчано-глинистых грунтов и 10000 см² для специфических (слабых грунтов) (Рис.44а);

II – при установке в скважине: с плоской подошвой площадью 600 см² для песчано-глинистых грунтов (Рис.44б);

III – при установке в скважине: винтовой штамп площадью 600 см² для песчано-глинистых грунтов (Рис.44в);

IV – при установке штампа на дне глубокого котлована: с плоской подошвой площадью 1000 см² с кольцевой пригрузкой, дополняющей площадь штампа до 5000 см² в песчано-глинистых грунтах (Рис.44г).

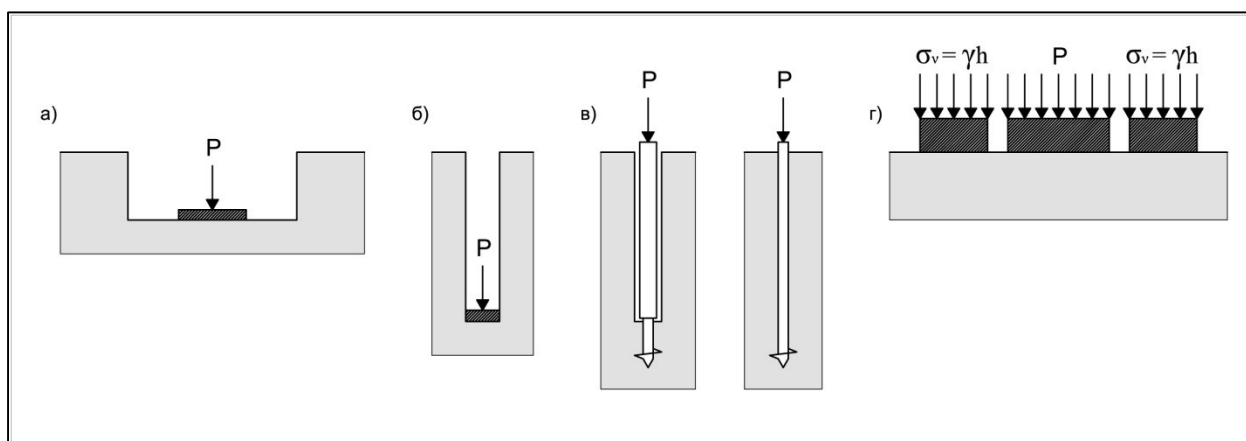


Рис.44. Испытания грунтов плоским и винтовым штампами

При испытаниях лёссовых грунтов или грунтов после проведения в них технической мелиорации применяются квадратные штампы площадью 22500 см².

Испытание плоским штампом (Рис.44а, б) заключается в том, что штамп – круглая плита – устанавливается на глубине залегания исследуемого грунта (на дне котлована, в шурфе или в скважине) на предварительно зачищенную и выровненную поверхность, затем создаётся система для передачи и измерения величины нагрузки на штамп и система измерения перемещений штампа от нагрузок (Рис.45), после этого на штамп ступенями передаётся внешняя нагрузка.

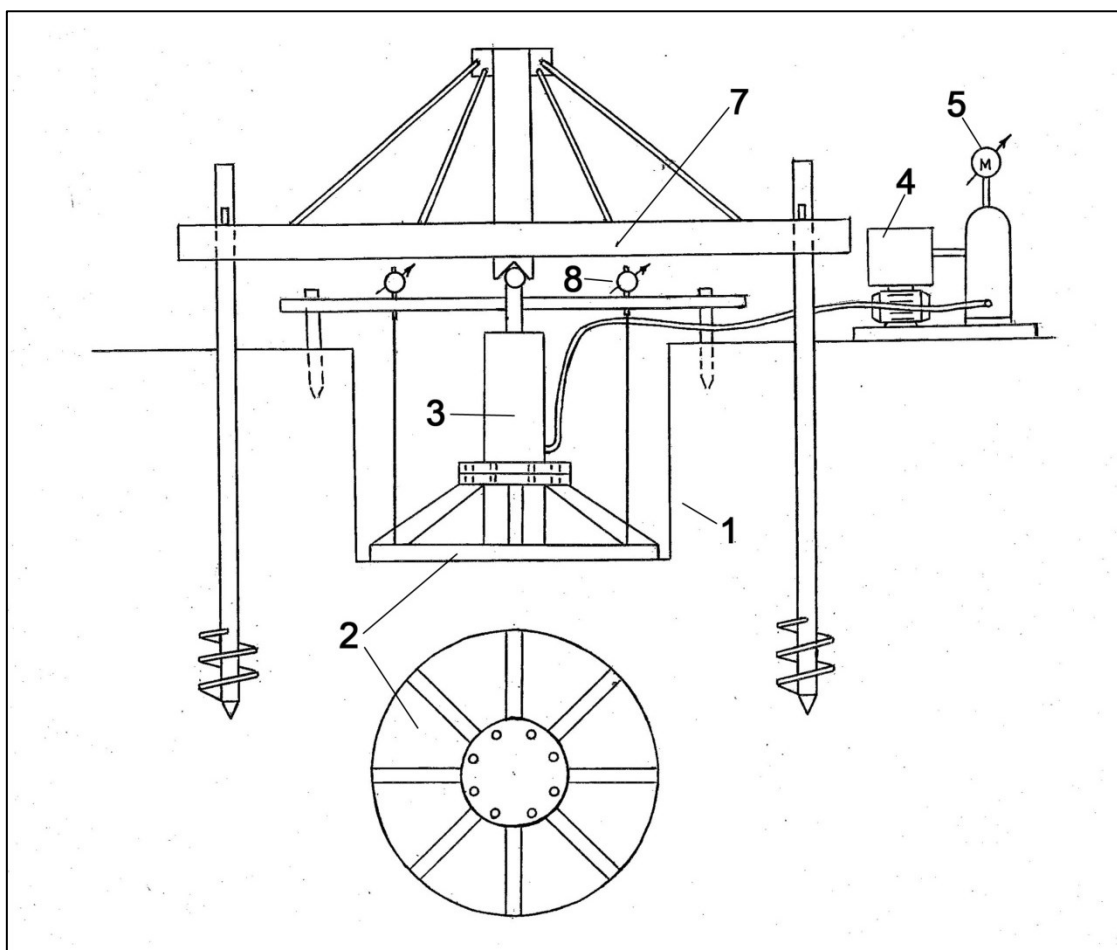


Рис. 45. Штамповое испытание в шурфе.

1-шурф; 2-штамп; 3-гидравлический домкрат; 4-масляный насос; 5-манометр; 6-винтовые сваи; 7-упорная балка-ферма; 8-прогибомеры.

Осадка штампа, которую он получает на момент завершения передачи ступени нагрузки называется осадкой нагружения (S_n). Выдерживая штамп при этой нагрузке до стабилизации осадки штампа, получаем дополнительную величину осадки, которая называется осадкой за время выдерживания (S_b). Сумма этих двух осадок называется осадкой за ступень нагрузки ($S_{ст}$). Сумма всех осадок ступеней нагружения за весь период испытания, называется полной осадкой штампа (S_n). Каждая последующая ступень прикладывается после затухания осадки от предыдущей ступени нагружения. Результаты испытаний фиксируются в журнале и в виде графика изменения осадки штампа от нагружения $S=f(P)$ (Рис.46).

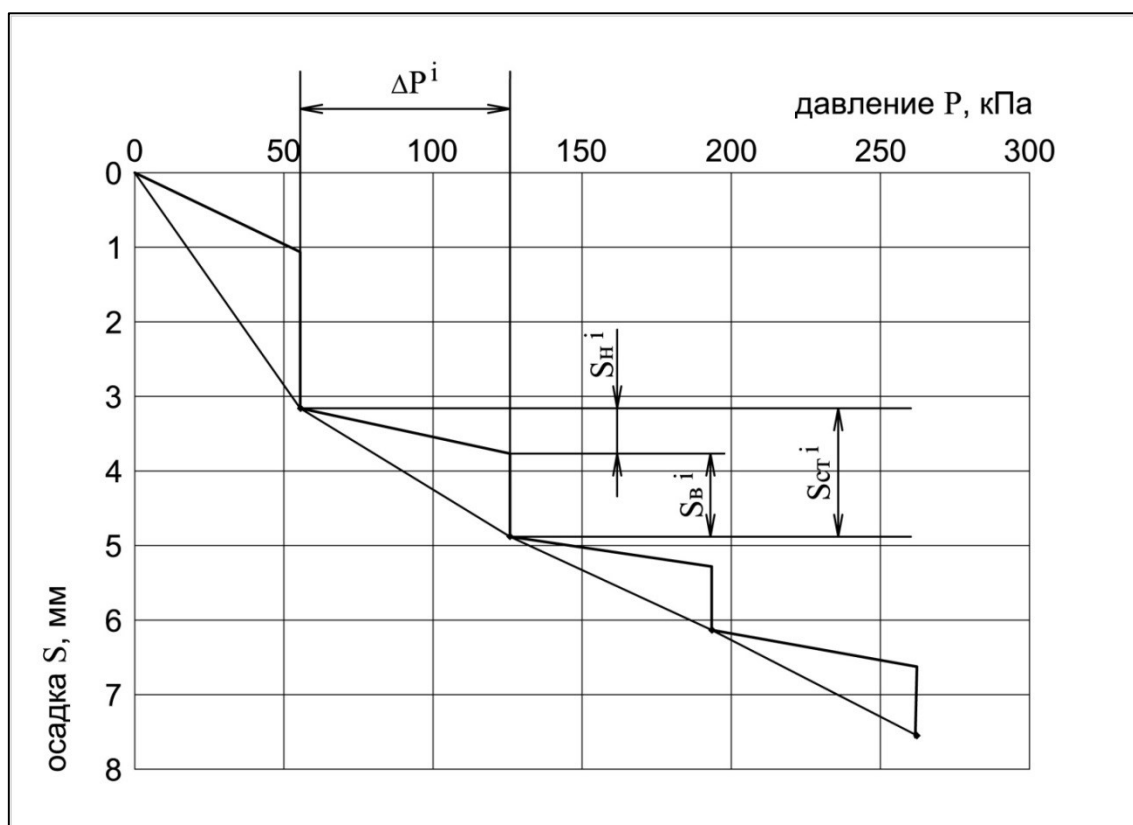


Рис.46. Зависимость осадки штампа от давления под его подошвой.

ΔP_i – величина нагрузки за i ступень; S_H^i , S_B^i , S_{ct}^i – соответственно, величина осадки i ступени от нагружения за время выдерживания и суммарная за ступень.

Для определения модуля деформации при проведении полевых испытаний на вышеуказанном графике выделяется линейный участок. За начало линейного участка принимается давление, равное бытовому на глубине испытания ($P_b = \rho \times h$, где ρ – плотность грунта при естественной влажности, а h – глубина установки штампа), а за окончание этого участка давление, равное дополнительному напряжению от внешней нагрузки (т.е. от сооружения) на глубине испытания. ГОСТ 20276-99 допускает принимать для расчёта модуля общей деформации не менее четырёх ступеней после достижения давления, соответствующего нормальному напряжению от собственного веса грунта на отметке проведения испытания.

Модуль деформации рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{(1 - \nu^2)wd\Delta P}{\Delta S};$$

где ν – коэффициент Пуассона (для крупнообломочных грунтов $\nu=0,27$, для песков и супесей $\nu=0,39$; для суглинков $\nu=0,35$, для глин $\nu=0,42$); w – безразмерный коэффициент (для круглого штампа $w = 0,79$); d – диаметр штампа, см; ΔP – приращение давления на штамп на расчётном участке, МПа; ΔS – приращение осадки штампа, см, соответствующее интервалу ΔP .

За начало расчётного участка принимается давление на грунт, равное бытовому давлению на глубине установки штампа ($P_b = \rho \times h$, где ρ – плотность грунта в слое выше глубины установки штампа; h – глубина установки штампа), а за окончание этого участка – давление, равное дополнительному напряжению от внешней нагрузки на глубине испытания ($P = \alpha \times G$, где α – коэффициент, принимаемый по таблице 5.6. ГОСТ 20276-99 [...]; G – среднее давление под фундаментом проектируемого сооружения).

Как правило, на стадии проведения инженерных изысканий руководствуются рекомендацией ГОСТ 20276-99 [...], в соответствии с которой после достижения бытового давления должно быть не менее четырёх ступеней нагружения.

По величине значения модуля общей деформации судят о категории сжимаемости грунта. При $E_0 < 5$ МПа грунт считается сильносжимаемым, при $E_0 = 5 \div 20$ МПа – сжимаемым, при $E_0 = 20 \div 50$ МПа малосжимаемым, а при $E_0 > 50$ МПа незначительно сжимаемым.

Задание 9. Определение модуля общей деформации грунтов по результатам штамповых испытаний.

1. Ознакомится со штамповой установкой, смонтированной в шурфе на опытной площадке или в скважине. Нарисовать схему проведения штамповых испытаний.

2. В соответствии с номером выданного варианта задания по таблице 22 ознакомиться с условиями поведения испытания и рассчитать диаметр штампа, а также величину природного давления грунта на глубине установки штампа.

3. Для выданного номера варианта задания, используя данные результатов штамповых испытаний грунта, приведённые в таблице 23, определить осадки штампа за каждую ступень нагрузки и полную осадку после каждой ступени нагрузки с момента начала опыта. Результаты оформить в табличной форме (см. приложение 9).

4. Построить график изменения осадки штампа от нагружения с момента начала опыта до его завершения (см. приложение 9).

5. Для установленного расчётного интервала определить величину модуля общей деформации по величине приращения удельной нагрузки ΔP , соответственно, приращения осадки штампа, коэффициента формы и жёсткости штампа (для круглого штампа равный 0,79), диаметра штампа и значению коэффициента бокового расширения μ в соответствии с условиями проведения испытания.

6. По величине значения модуля общей деформации E_0 установить категорию сжимаемости испытанного грунта.

Условия проведения испытания

№ варианта	Место испытания	Площадь круглого штампа, см ²	Глубина установки штампа, м	Испытываемый грунт	Плотность грунтов над штампом, г/см ³	Коэффициент бокового расширения грунта (μ)
1	Скважина	600	8,5	Супесь	2,00	0,30
2	Скважина	600	9,5	Супесь	1,95	0,30
3	Скважина	600	4,5	Песок	1,85	0,30
4	Скважина	600	5,0	Песок	1,80	0,30
5	Скважина	600	12,0	Супесь	2,00	0,30
6	Шурф	5000	2,5	Песок	1,83	0,30
7	Шурф	5000	2,3	Песок	1,80	0,30
8	Скважина	600	10,0	Супесь	1,97	0,30
9	Шурф	5000	5,0	Песок	1,80	0,30
10	Скважина	600	7,2	Песок	1,83	0,30
11	Шурф	5000	4,9	Песок	1,90	0,30
12	Скважина	600	2,6	Песок	1,85	0,30
13	Котлован	5000	13,0	Супесь	2,00	0,30
14	Скважина	600	7,2	Песок	1,81	0,30
15	Котлован	5000	9,7	Песок	1,85	0,30
16	Скважина	600	10,0	Песок	1,90	0,30
17	Скважина	600	4,9	Супесь	2,00	0,30
18	Скважина	600	5,1	Супесь	2,00	0,30
19	Котлован	5000	7,3	Песок	1,90	0,30
20	Скважина	600	1,8	Суглинок	2,10	0,35
21	Шурф	5000	1,4	Песок	1,80	0,30
22	Скважина	600	2,5	Песок	1,80	0,30
23	Скважина	600	9,5	Песок	1,85	0,30
24	Скважина	600	5,0	Песок	1,79	0,30
25	Котлован	5000	7,5	Суглинок	2,15	0,35
26	Скважина	600	1,0	Песок	1,81	0,30
27	Скважина	600	2,5	Песок	1,79	0,30
28	Скважина	600	10,5	Супесь	1,89	0,30
29	Скважина	600	10,5	Песок	1,80	0,30
30	Скважина	600	12,0	Супесь	2,00	0,30

Результаты испытания грунтов статическими нагрузками на штамп

№ варианта	Виды осадок	Величина осадок штампа S , мм по ступеням нагрузки P , МПа							
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	S_H	0,0	0,40	0,65	0,60	0,30	0,30	0,50	0,30
	S_B	0,0	0,20	0,20	0,30	0,45	0,30	0,45	0,20
2	S_H	0,05	0,20	0,20	0,35	0,35	0,45	0,35	0,20
	S_B	0,05	0,20	0,20	0,25	0,30	0,45	0,40	1,00
3	S_H	0,40	0,50	0,35	0,35	0,25	0,25	0,35	0,35
	S_B	0,20	0,25	0,25	0,25	0,40	0,30	0,35	0,45
4	S_H	0,10	0,25	0,30	0,10	0,15	0,05	0,10	0,20
	S_B	0,35	0,20	0,20	0,20	0,25	0,15	0,15	0,45
5	S_H	0,10	0,05	0,20	0,25	0,15	0,15	0,20	0,20
	S_B	0,25	0,25	0,15	0,15	0,20	0,30	0,40	0,55
6	S_H	0,20	0,40	0,35	0,40	0,50	0,70	0,65	0,35
	S_B	0,10	0,40	0,35	0,30	0,25	0,50	1,00	0,95
7	S_H	0,35	0,35	0,55	0,45	0,70	0,65	0,90	0,80
	S_B	0,20	0,25	0,45	0,60	0,70	1,45	2,40	2,80
8	S_H	0,10	0,10	0,25	0,20	0,15	0,35	0,25	0,40
	S_B	0,00	0,20	0,25	0,25	0,20	0,25	0,30	0,30
9	S_H	0,35	0,35	0,75	0,25	0,75	0,65	0,90	0,70
	S_B	0,20	0,25	0,45	0,80	0,75	1,80	2,60	2,80
10	S_H	0,05	0,15	0,20	0,15	0,25	0,35	0,25	0,45
	S_B	0,00	0,20	0,25	0,25	0,10	0,30	0,25	0,55
11	S_H	0,75	1,20	1,05	0,95	1,05	1,00	1,00	1,50
	S_B	0,40	0,20	0,45	1,15	1,05	0,80	1,00	2,00
12	S_H	0,20	0,20	0,10	0,30	0,15	0,30	0,20	0,20
	S_B	0,00	0,20	0,20	0,20	0,30	0,15	0,25	0,25
13	S_H	0,20	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,60	0,55
	S_B	0,00	0,15	0,30	0,25	0,25	0,60	1,00	0,95
14	S_H	0,20	0,20	0,10	0,30	0,15	0,30	0,20	0,20
	S_B	0,00	0,20	0,20	0,15	0,25	0,15	0,20	0,10
15	S_H	0,20	0,40	0,35	0,40	0,50	0,70	0,65	0,35
	S_B	0,00	0,10	0,35	0,20	0,25	0,50	1,05	0,95

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	S_H	0,20	0,20	0,10	0,30	0,15	0,30	0,20	0,20
	S_B	0,00	0,20	0,20	0,10	0,25	0,10	0,20	0,20
17	S_H	0,50	0,20	0,50	0,45	0,45	0,30	0,30	0,30
	S_B	0,00	0,25	0,25	0,30	0,30	0,45	0,25	0,30
18	S_H	0,30	0,40	0,30	0,45	0,15	0,10	0,15	0,15
	S_B	0,10	0,15	0,30	0,30	0,30	0,60	0,60	0,55
19	S_H	0,20	0,40	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,45
	S_B	0,10	0,15	0,35	0,20	0,25	0,60	1,00	0,95
20	S_H	0,20	0,40	0,15	0,15	0,25	0,05	0,10	0,15
	S_B	0,10	0,25	0,50	0,20	1,05	0,45	0,50	0,70
21	S_H	0,20	0,40	0,35	0,40	0,50	0,70	0,65	0,35
	S_B	0,10	0,15	0,35	0,20	0,25	0,25	1,05	0,95
22	S_H	0,05	0,15	0,05	0,15	0,25	0,35	0,35	0,45
	S_B	0,00	0,20	0,25	0,25	0,15	0,30	0,45	0,55
23	S_H	0,10	0,10	0,25	0,20	0,15	0,35	0,15	0,40
	S_B	0,05	0,20	0,25	0,25	0,20	0,25	0,15	0,15
24	S_H	0,05	0,15	0,20	0,15	0,25	0,35	0,25	0,45
	S_B	0,00	0,20	0,25	0,25	0,15	0,30	0,55	0,55
25	S_H	0,05	0,10	0,10	0,20	0,25	0,30	0,35	0,45
	S_B	0,00	0,25	0,25	0,25	0,30	0,35	0,50	0,55
26	S_H	0,10	0,15	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
	S_B	0,05	0,20	0,25	0,25	0,30	0,35	0,45	0,50
27	S_H	0,20	0,20	0,15	0,25	0,20	0,25	0,20	0,20
	S_B	0,10	0,20	0,25	0,20	0,25	0,25	0,20	0,15
28	S_H	0,15	0,15	0,20	0,25	0,25	0,35	0,40	0,50
	S_B	0,10	0,20	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,90
29	S_H	0,20	0,20	0,15	0,30	0,25	0,30	0,20	0,20
	S_B	0,10	0,25	0,25	0,20	0,20	0,15	0,20	0,35
30	S_H	0,15	0,20	0,30	0,35	0,35	0,40	0,40	0,60
	S_B	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,55	0,85

III.2.4. Прессиометрические испытания грунтов

Сущность метода. Испытание грунта радиальным прессиометром проводят непосредственно в скважинах для определения модуля деформации E , а также ориентировочных значений удельного сцепления C и угла внутреннего трения φ .

Прессиометр – прибор для определения прочности и сжимаемости (деформируемости) грунтов в стенках буровой скважины путём нагнетания жидкости или газа в камеру зонда с эластичными стенками, передающую давление на грунт (Рис.47).

Метод применяется для песков, глинистых, органо-минеральных и органических грунтов. Возможно использование метода и для испытания скальных грунтов от мягких до средней крепости.

Модуль деформации определяют по результатам нагружения грунта горизонтальной нагрузкой в стенках скважины. Измерение перемещений оболочки зонда осуществляют путём измерения объёма жидкости (газа), расходуемой на расширение камеры зонда, или путём непосредственного измерения радиуса или длины окружности камеры зонда в отдельных точках дистанционными датчиками.

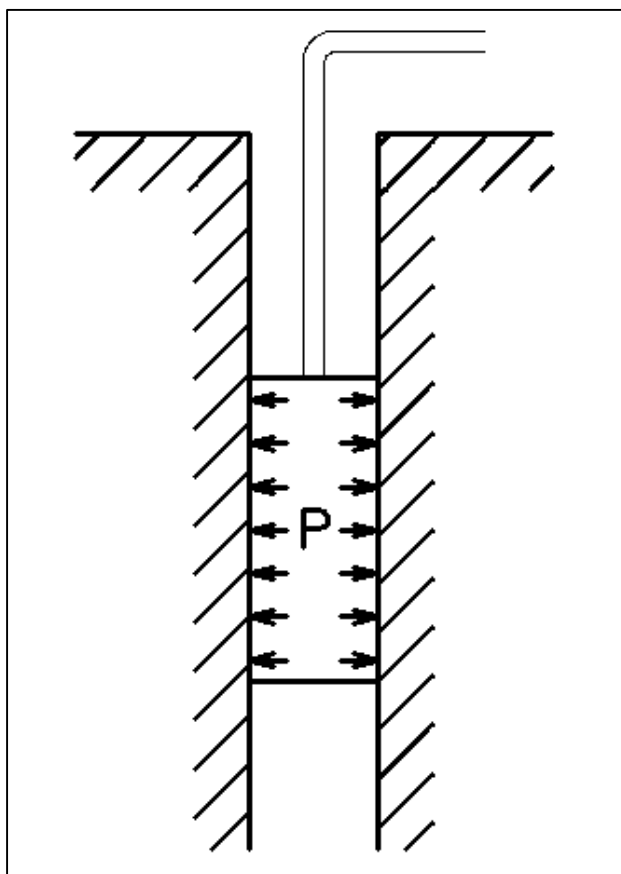


Рис.47. Схема испытания грунта радиальным прессиометром

Преимущества метода перед штамповыми испытаниями. При производстве испытаний прессиометром отпадает необходимость в трудоёмких работах по бурению скважин большого диаметра и в том числе работ по очистке забоя от шлама. Нет острой необходимости в использовании попеременно в одной скважине испытательной установки и бурового оборудования для дальнейшего её бурения. Однако следует учитывать, что при прессиометрических испытаниях всё же рекомендуется прекратить бурение скважины на отметке прессиометрического испытания, а после его проведения, углубить скважину до отметки следующего испытания. Такой порядок проведения испытаний обеспечивает лучшую сохранность природного сложения пород в стенках скважины, чем в случае, когда испытания проводят в

пробуренной скважине, поднимая прессиометр последовательно от забоя к устью.

Недостатки метода. Модуль деформации определяется в направлении, перпендикулярном к обычному направлению действия нагрузки, что недопустимо при породах с анизотропными свойствами. Если породы в стенках скважины неустойчивые, то практически проводить испытания в скважине очень трудно. Следует также отметить, что испытываться прессиометром может только слой, имеющий мощность не менее 1,5 высоты рабочей камеры прессиометра, а значит, мощность такого испытываемого слоя грунта должна быть не менее чем 0,3 м ... 2 м (в зависимости от используемого оборудования).

Оборудование. При испытании грунта применяют следующее оборудование и способы проходки скважин, обеспечивающие сохранение природного напряженного состояния грунта:

- самозабуривающиеся прессиометры;
- бурение скважин под защитой тяжёлых растворов;
- проходку участка скважины, на котором будут производиться испытания, с помощью подвижной колонны обсадных труб.

В грунтах, обеспечивающих устойчивость стенок скважины, допускается проведение испытаний без сохранения природного напряжённого состояния. При этом обязательным является сохранение природного сложения грунтов. Поэтому проходка скважин на интервале испытаний осуществляется вдавливающим способом кольцевым забоем с помощью тонкостенного бурового цилиндрического наконечника (грунтонос). Этим достигается двойной положительный эффект – отбирают монолит грунта на отметке испытаний и хорошо сохраняется грунт в стенках испытываемой скважины. Диаметр скважин не должен превышать диаметр зонда прессиометра более чем на 10 мм.

В состав установки для испытания грунта радиальным прессиометром (Рис.48) должны входить:

- зонд, имеющий эластичные стенки и состоящий из рабочей и вспомогательной камер;
- устройство для создания и измерения давления в рабочей камере зонда;
- устройство для измерения радиальных перемещений оболочки зонда.

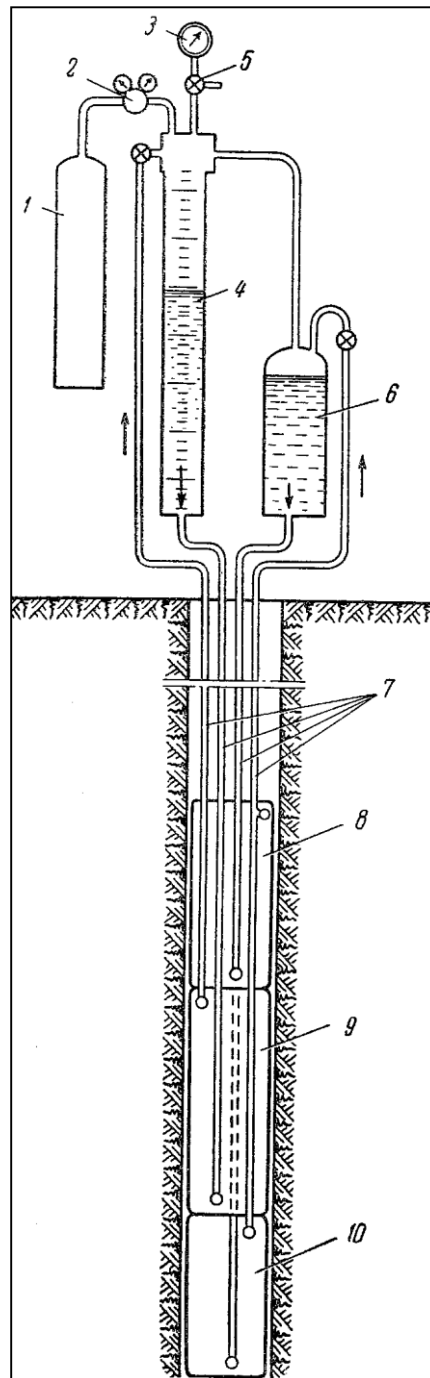


Рис.48. Схема прессиометра и его составные элементы:

А – зонд; Б – устройство создания и измерения давления в рабочей камере зонда; В – устройство для измерения радиальных перемещений оболочки зонда. 1 – газовый баллон; 2 – редуктор; 3 – манометр; 4 – измерительный цилиндр; 5 – кран-тройник; 6 – бачок; 7 – шланги; 8 – вспомогательные камеры; 9 – рабочая камера.

Существуют гидравлические и пневмоэлектрические прессиометры. Давление в их рабочей камере создаётся за счёт нагнетания сжатого воздуха или газа (используется, например, углекислота или азот) в полую камеру или за счёт заполнения ее водой.

Измерение радиальных перемещений оболочки рабочей камеры может осуществляться путём измерения объёма жидкости, расходуемой на расширение оболочки (гидравлический прессиометр, Рис.49а), или путём непосредственного измерения радиуса или длины окружности рабочей камеры зонда в отдельных точках дистанционными датчиками (первичными преобразователями) (пневмоэлектрический прессиометр, Рис.49б).

Гидравлические прессиометры просты и надёжны в эксплуатации, но неудобны для работы в холодное время года.

Пневмоэлектрические прессиометры более компактны, но и более сложны с точки зрения измерения радиальных перемещений. Они могут применяться как в летних так и в зимних условиях. Эти прессиометры не имеют жёсткой связи с поверхностью и поэтому могут широко применяться при изысканиях на море с плавучих установок в условиях колебаний уровня воды.

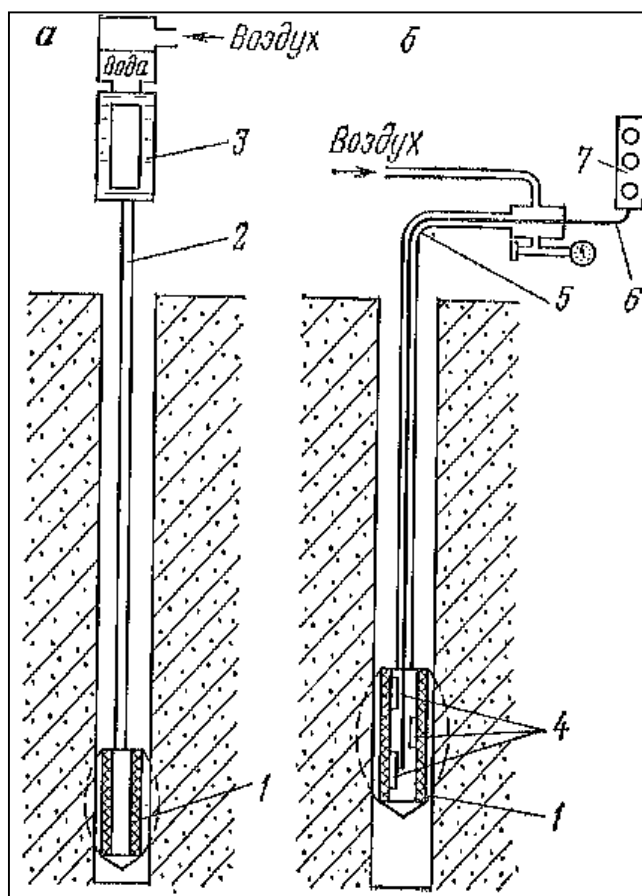


Рис.49. Схема разновидностей прессиометров:

а – гидравлический; б – пневмоэлектрический; 1 – резиновая оболочка зонда; 2 – колонна соединительных труб для подачи воды в резиновую оболочку зонда; 3 – водоизмерительные трубки; 4 – первичные преобразователи (пьезодатчики); 5 – гибкий шланг для подачи сжатого газа в резиновую оболочку зонда; 6 – кабель; 7 – прибор для снятия показаний с пьезодатчиков.

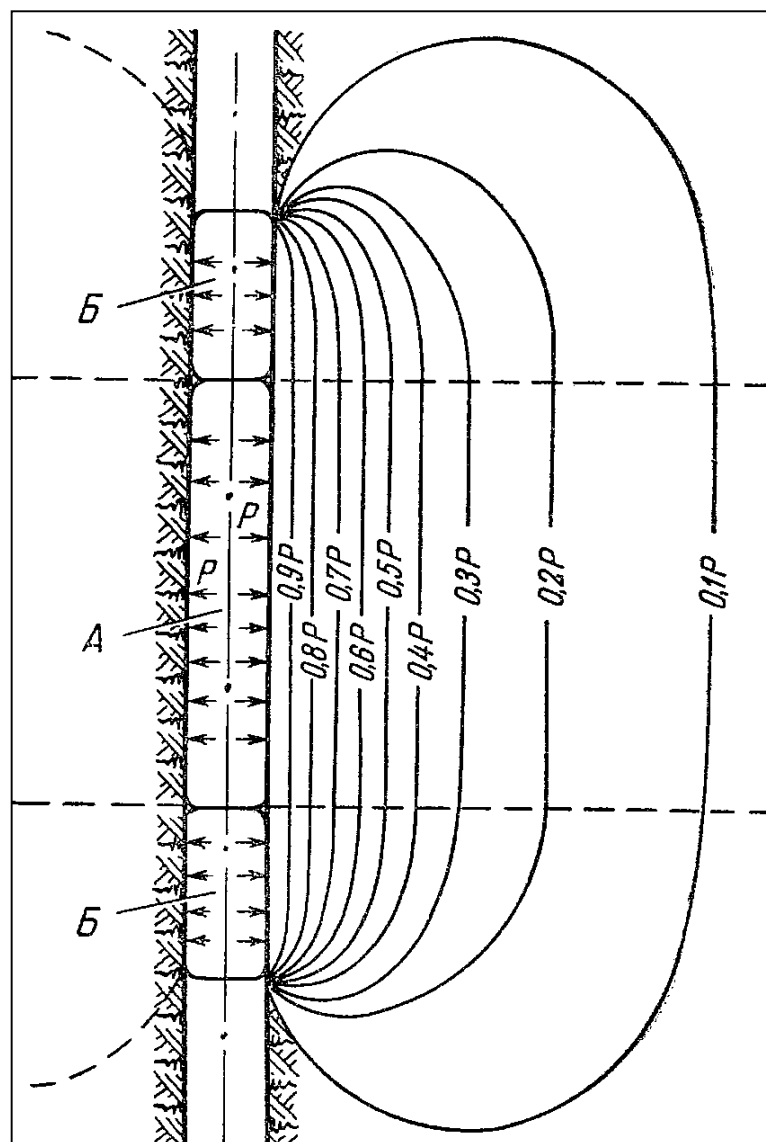


Рис.50. Изобары для σ_z в массиве пород вокруг камер прессиометра:
А – рабочая камера; Б – вспомогательные камеры

Трехкамерная конструкция зонда обеспечивает симметрию и однородность цилиндрического поля напряжений, возникающего вокруг рабочей камеры (Рис.50). В процессе испытаний во всех трёх камерах создаётся одинаковое давление, но о деформациях пород судят по изменению объёма только рабочей камеры.

Подготовка к испытанию. В скважину устанавливают зонд. В зонде прессиометра создают давление, равное напряжению $\sigma_{zg,0}$ нормальное напряжение от собственного веса грунта на отметке испытания. После установки зонда на отметке испытания необходимо смонтировать устройства для создания и измерения давления в камере зонда и измерения перемещения оболочки зонда.

Проведение испытания. В камере зонда создают давление ступенями по 0,025 МПа до момента соприкосновения оболочки зонда со стенками скважины, а далее — ступенями, указанными в таблицах 24-26. Предельное давление устанавливается программой изысканий в зависимости от цели испытаний.

Таблица 24

Условия проведения компрессионных испытаний в крупнообломочных и песчаных грунтах.

Грунты	Коэффициент водо-насыщения	Ступени давления Δp , МПа, при плотности сложения грунтов			Время условной стабилизации деформации t , ч
		Плотные	Средней плотности	Рыхлые	
Крупно-обломочные	$S_r \leq 1,0$	0,1	0,1	0,1	0,5
Пески крупные	$S_r \leq 1,0$	0,1	0,05	0,025	0,5
Пески средней крупности	$S_r \leq 0,5$	0,1	0,05	0,025	0,5
	$0,5 < S_r < 1,0$	0,1	0,05	0,025	1,0
Пески мелкие и пылеватые	$S_r \leq 0,5$	0,05	0,025	0,01	1,0
	$0,5 < S_r \leq 1,0$	0,05	0,025	0,01	2,0

Таблица 25

Условия проведения компрессионных испытаний в глинистых грунтах.

Грунты	Ступени давления Δp , МПа, при коэффициенте пористости				Время условной стабилизации деформации t , ч
	$e \leq 0,5$	$0,5 < e \leq 0,8$	$0,8 < e \leq 1,1$	$e > 1,1^*$	
Глинистые с показателем текучести: $I_L \leq 0,25$	0,1	0,1	0,05	0,05	1
$0,25 < I_L \leq 0,75$	0,1	0,05	0,05	0,025	2
$0,75 < I_L \leq 1$	0,05	0,025	0,025	0,01	2
$I_L > 1$	0,05	0,025	0,01	0,01	3
*При коэффициенте пористости $e > 1,1$ время условной стабилизации увеличивается на 1 ч.					

Таблица 26

Условия проведения компрессионных испытаний в просадочных и органо-минеральных грунтах.

Грунты	Ступени давления Δp , МПа	Время условной стабилизации деформации t , ч
Просадочные природной влажности	0,05	1
Просадочные после замачивания	0,025	2
Органо-минеральные и органические	0,005-0,01	4

При бурении скважины на отметке проведения испытаний в журнал испытания заносят характеристику пород, отражающую для связных пород консистенцию, а для несвязных пород плотность сложения. По этим данным в дальнейшем определяется величина приращения давления при переходе с одной ступени нагрузки на другую.

При определении давления на стенку скважины в случае применения гидравлических прессиометров независимо от обводнённости скважины необходимо к измеренному манометром давлению добавлять гидростатическое давление столба жидкости в гидромагистральной прессиометра.

Каждую ступень давления выдерживают до условной стабилизации деформации грунта. При испытаниях для определения модуля деформации за критерий условной стабилизации деформации принимают скорость увеличения радиуса скважины, не превышающую 0,1 мм за время, указанное в таблице 27.

Таблица 27

Критерии условной стабилизации деформаций грунта при прессиометрических испытаниях.

Грунты	Режим испытания	Время условной стабилизации деформации t , мин
Пески со степенью влажности:	Медленный	
$S_r \leq 0,8$		15
$S_r > 0,8$		30
Глинистые с показателем текучести:		
$I_L \leq 0,25$		30
$I_L > 0,25$		60
Органо-минеральные и органические		90
Пески	Быстрый	3
Глинистые		6
Органо-минеральные и органические		10

Отсчёты по приборам для измерения деформаций на каждой ступени давления производят согласно таблице 28.

Таблица 28

Рекомендуемое время измерения деформаций грунта при
прессиометрических испытаниях.

Грунты	Режим испытания	
	Медленный	Быстрый
Пески	Через 5 мин в течение первых 15 мин, далее — через 15 мин	Через 1 мин в течение первых 3 мин, далее — через 3 мин
Глинистые	Через 10 мин в течение первых 30 мин, далее — через 30 мин	Через 2 мин в течение первых 6 мин, далее — через 6 мин
Органо-минеральные и органические	Через 15 мин в течение первых 60 мин, далее — через 30 мин	Через 2 мин в течение первых 10 мин, далее — через 10 мин

Обработка результатов

По данным испытаний строят график зависимости перемещения стенки скважины от горизонтального давления $\Delta r = f(p)$ (Рис.51)

Рекомендуемый масштаб графика:

по горизонтали: 20 мм — 0,1 МПа для давления p ;

по вертикали: 5 мм — 1 мм для перемещения стенки скважины Δr .

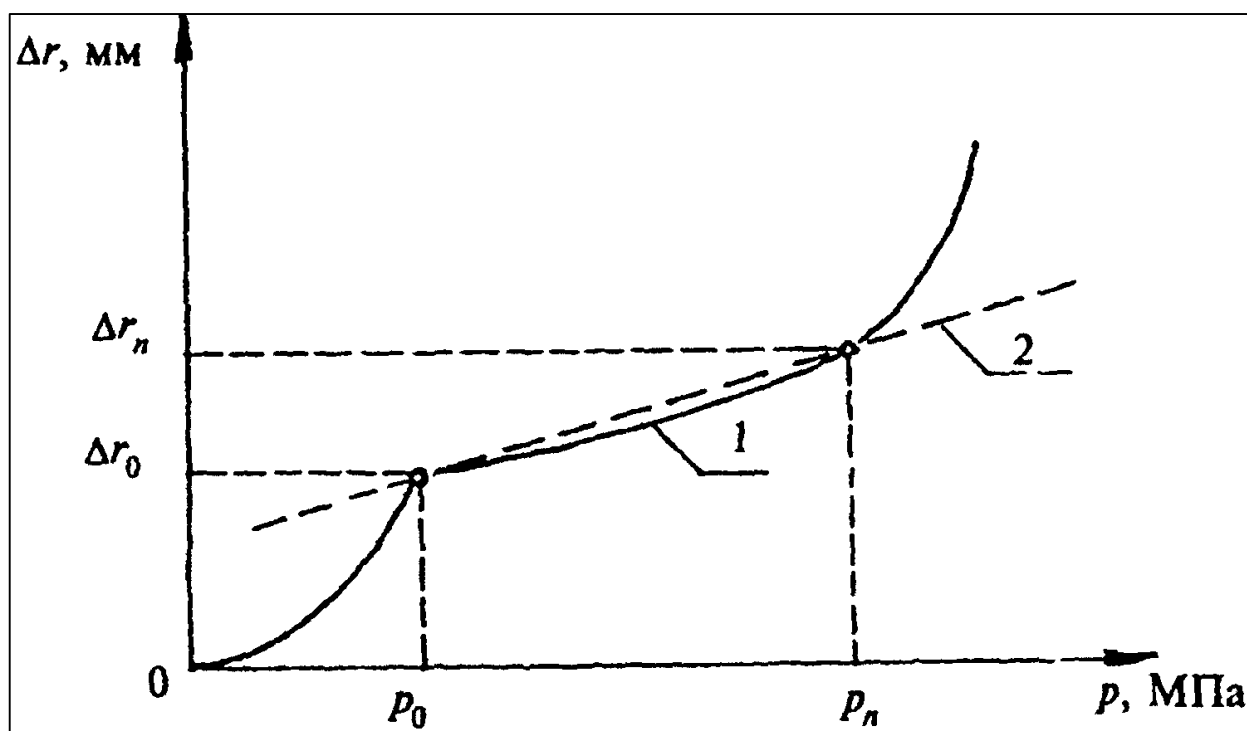


Рис.51. График $\Delta r = f(p)$: 1 — линейная часть графика;
2 — осредняющая прямая

На графике (Рис.51) проводят осредняющую прямую методом наименьших квадратов или графическим методом. За начальные значения p_0 и Δr_0 (первая точка, включаемая в осреднение) принимают значения p и Δr , соответствующие моменту полного обжатия неровностей стенок скважины — началу линейного участка графика. За конечные значения p_n и Δr_n (предел пропорциональности) принимают значения p и Δr , соответствующие точке, ограничивающей линейный участок графика. Модуль деформации грунта E , МПа, вычисляют для линейного участка графика $\Delta r = f(p)$ по формуле:

$$E = K_r * r_0 (\Delta p / \Delta r), \text{ где}$$

- K_r — корректирующий коэффициент, зависящий от параметров установки и коэффициента бокового расширения (коэффициента Пуассона);
- r_0 — радиус скважины, равный $r_{pr} + \Delta r_0$ (т.е. радиус камеры при начальном давлении);
- r_{pr} — радиус прессиометра, см;
- Δr_0 — приращение радиуса прессиометра, соответствующее p_0 , см;
- Δp — приращение давления на стенку скважины между двумя точками, взятыми на осредняющей прямой, МПа;
- Δr — приращение перемещения стенки скважины (по радиусу), соответствующее Δp , см.

Для проектирования оснований и фундаментов зданий и сооружений нормального и пониженного уровней ответственности допустимо K_r принимать согласно указаниям, приведённым ниже.

При проведении испытаний по медленному режиму с сохранением природного напряженного состояния грунта коэффициент K_r допускается принимать равным:

- для песков и супесей..... 1,30
- для суглинков..... 1,35
- для глин..... 1,42

При проведении испытаний по быстрому режиму с сохранением ненарушенного сложения грунта коэффициент K_r принимать по таблице 29.

Таблица 29

Значение корректирующего коэффициента K_r при испытаниях песчаных и глинистых грунтов прессиометром.

Наименование грунтов	Глубина испытания, м	Коэффициент K_r
Пески с коэффициентом пористости:	До 10	
$e < 0,5$		2,5
$0,5 \leq e \leq 0,8$		2,25
$e > 0,8$		2,0
Глинистые грунты с показателем текучести:	До 10	
$I_L < 0,25$		2,0
$0,25 \leq I_L \leq 0,5$		3,0
$I_L > 0,5$		4,0
Глинистые грунты с показателем текучести:	От 10 до 20	
$I_L < 0,25$		1,75
$0,25 \leq I_L \leq 0,5$		2,5
$I_L > 0,5$		3,5
<i>Примечание</i> — Для глинистых элювиальных грунтов допускается уменьшение коэффициента K_r на 20 %.		

В процессе испытания ведут журнал, форма которого приведена ниже (таблица 30).

Журнал испытания грунта радиальным прессиометром

Таблица 30

Отметка испытания на глубине, м	Дата	Время	Интервал времени Δt , ч	Столб воды в магистрали прессиометра, м	Показания манометров	Поправка на растяжение оболочки, МПа	Давление грунта, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8

Показания приборов для измерения радиального перемещения, мм							Исправленные показания приборов, мм (поправка на деформацию)	Приращение радиуса скважин, мм		Время выдержки Δt , ч	Примечание
1	2	3	4	5	6	Среднее перемещение, мм		r	Δr		
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Журнал испытаний должен содержать сведения об изменении радиуса рабочей камеры или об изменении объёма рабочей жидкости в мерном цилиндре.

Определение прочностных характеристик горных пород. Если испытания доведены до полного разрушения породы, т.е. максимальная нагрузка соответствует пределу несущей способности P_{np} , то для глинистых пород можно определить сцепление, пользуясь формулой ГПИ Фундаментпроекта:

$$C = \lambda_1 \frac{P_{np} - P}{\ln \frac{V_{np}}{V}}, \quad \text{где}$$

P_{np} — предел прочности несущей способности;

V_{np} — приращение объёма камеры при P_{np} ;

P — давление на предпоследней ступени испытаний;

V — приращение объёма на предпоследней ступени испытаний;

λ_1 — постоянная, определяемая конструктивными особенностями прибора и углом внутреннего трения глинистой породы (находится в процессе параллельных прессиометрических испытаний и лабораторных испытаний на быстрый сдвиг).

Нормативная литература:

ГОСТ 20276–99 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости» [...]

III.2.5. Испытания грунтов методом вращательного среза

Сущность метода

Испытания грунта вращательным срезом проводят для определения следующих характеристик прочности: сопротивления грунта срезу τ , угла внутреннего трения φ , удельного сцепления c и оценки пространственной изменчивости прочности грунтов.

Метод вращательного среза (Рис.52) заключается в создании и измерении крутящих моментов, затрачиваемых на преодоление сопротивления породы вращению крестообразного рабочего органа – крыльчатки ниже забоя скважины или в массиве. Другими словами, испытание заключается в срезе породы по цилиндрической поверхности, образуемой вращением прямоугольника вокруг оси симметрии. Этот сдвиг происходит перпендикулярно напластованию породы. Испытание вращательным срезом проводят в условиях практического отсутствия дренирования.

Метод применяется для глинистых пород от полутвёрдой до текучей консистенции, органо-минеральных и органических грунтов – илов и торфов, а также заторфованных пород с крупнообломочными включениями размерами 2—10 мм в количестве не более 15% по массе (таблица 31). В породах с содержанием крупнообломочного материала более 15% этот метод не применяется. т.к. они оказывают существенное влияние на результаты опыта.

Испытания на срез не требуют больших материальных затрат и трудовых ресурсов и проводятся с использованием портативного оборудования. Преимущество перед методами кольцевого среза и поступательного среза состоит в том, что в отличие от этих методов, методом вращательного среза возможно проводить испытания не только выше, но и ниже уровня подземных вод.

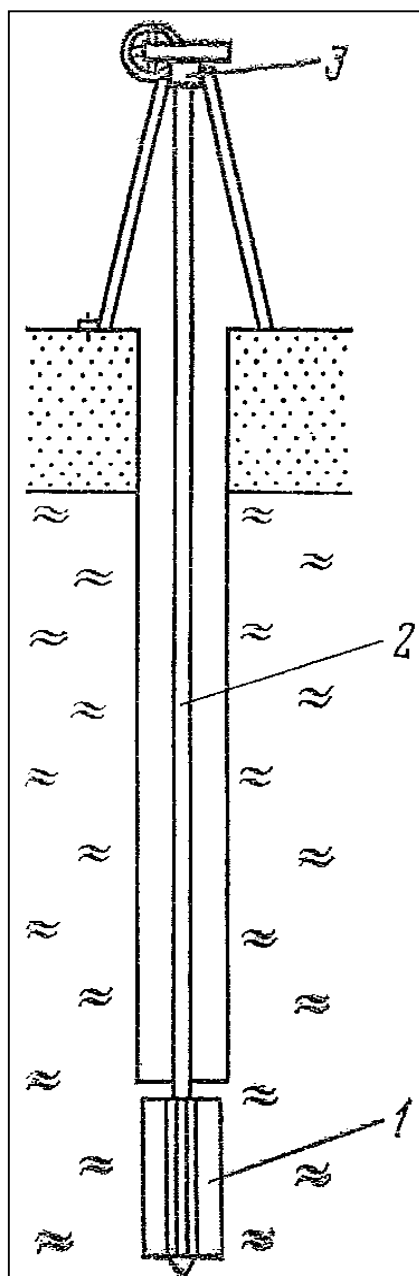


Рис. 52. Схема испытания грунта на срез крыльчатым зондом в буровой скважине: 1 – рабочий наконечник (крыльчатка); 2 – колонна штанг; 3 – оперативный столик с устройством для создания и измерения крутящего момента; 4 – анкера; 5 – открытый ствол скважины.

Условия применения метода

Таблица 31

Метод испытаний	Грунты	Гидрогеологические условия	Место проведения испытания	Глубина испытания, м	Минимальный диаметр скважины, мм	Минимальный диаметр обсадных труб, мм	Минимальная площадка среза грунта, см ²
Вращательный срез	Суглинки, глины с $I_L > 0,50$; Органо-минеральные и органические грунты	Выше и ниже уровня подземных вод	В массиве ниже забоя буровой скважины	0,5-20	89-146	89-146	200-600
То же	Суглинки глины с $I_L > 1$; Органо-минеральные и органические грунты	То же	В массиве с поверхности	0,3-20	—	—	200-600

Оборудование

В настоящее время применяются установки разработанные ФГУП «Фундаментпроект», НИИОСП, ПНИИИС, УПИ и другими организациями. Их параметры соответствуют требованиям приложения М к ГОСТ 20276-99 (таблица 32).

Таблица 32

Рекомендуемые параметры оборудования для испытаний
методом вращательного среза в буровых скважинах

Состав крыльчатки и её характеристики	Тип крыльчатки		
	I	II	III
Крыльчатка размерами, мм:			
высота	120	150	200
ширина (диаметр)	60	75	100
толщина лопасти	2	2,5	3
Постоянная крыльчатки B , см ³	742	1545	3663
Штанга, мм:			
наружный диаметр	22-33,5		
длина	500-3000		
Максимальный крутящий момент устройства, кН · см, не менее	18		
Погрешность измерения крутящего момента, кН · см	0,36	0,18	0,18

При испытаниях в грунтовых массивах на небольшую глубину применяют портативные установки (фото 1).



Фото. 1. Общий вид комплекта

В зависимости от вида испытываемого грунта и его состояния применяют следующие типы крыльчаток:

- малая крыльчатка (тип I) применяется при испытаниях суглинков и глин с $0,5 < I_L \leq 0,75$, а также пластичных супесей, органо-минеральных грунтов, в том числе с крупнообломочными включениями размерами 2—10 мм в количестве менее 15 % по массе;

- средняя крыльчатка (тип II) применяется при испытаниях глинистых грунтов с $I_L \leq 1$, органо-минеральных, в том числе с крупнообломочными включениями размером более 10 мм в количестве менее 15 % по массе;

- большая крыльчатка (тип III) применяется при испытаниях глинистых грунтов с $I_L > 1$, органо-минеральных и органических грунтов (без крупнообломочных включений).

В состав установки для испытания грунта вращательным срезом (рис.52,53) должны входить:

- рабочий наконечник с лопастями (крыльчатка);
- штанги;
- устройство для вдавливания крыльчатки в грунт и фиксации её на заданной глубине;
- устройства для создания и измерения крутящего момента.

Для испытания грунта в массиве установку дополняют устройством для отключения крыльчатки от штанг, позволяющим измерять трение штанг о грунт при неподвижной крыльчатке.

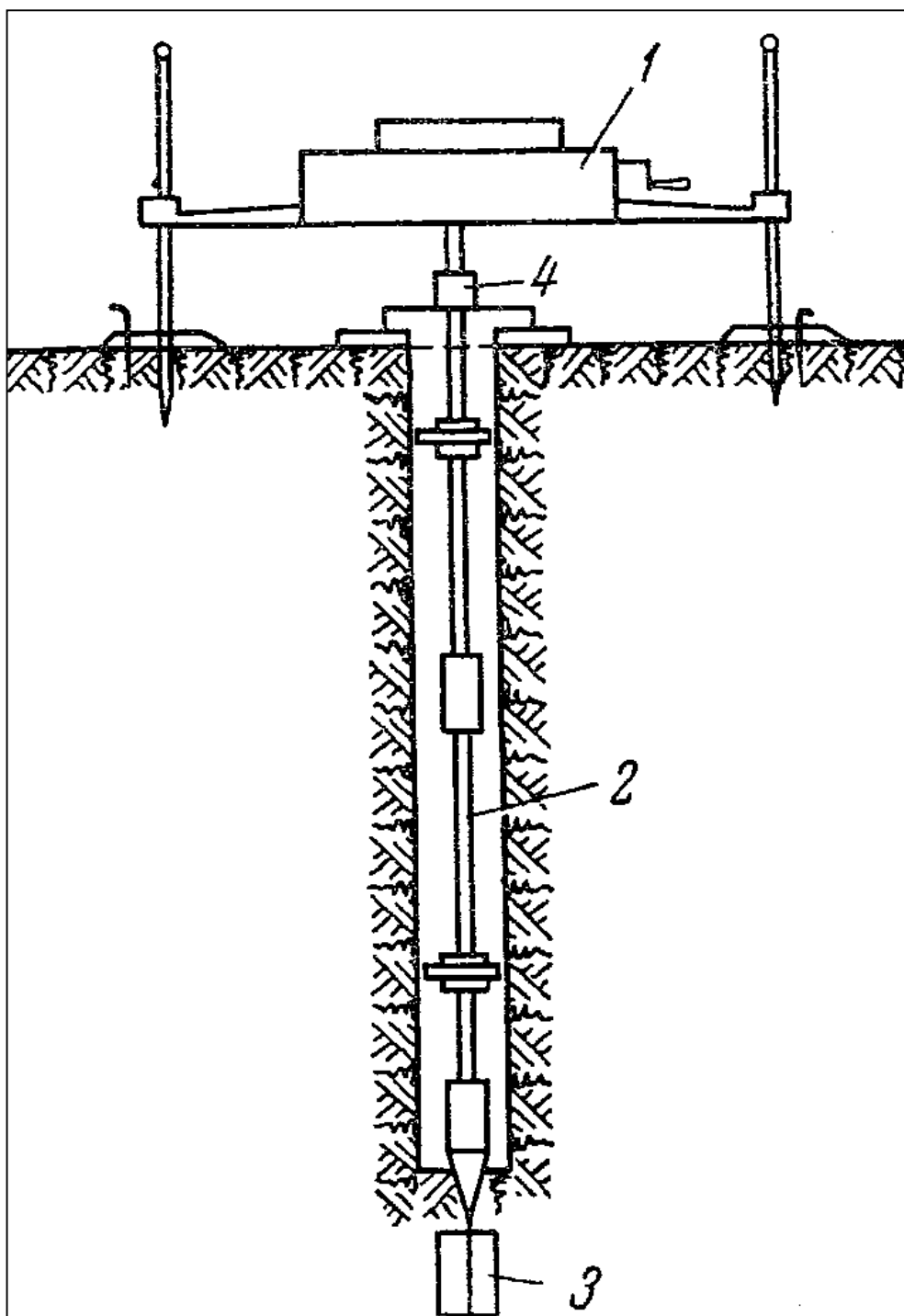


Рис. 53. Схема крыльчатого зонда конструкции УИГС-ЦНИИС-2:
1 – оперативный столик; 2 – штанги; 3 – крыльчатый наконечник; 4 – подвеска; 5 – центратор; 6 – соединительная муфта; 7 – анкера.

Предназначен для определения сжимаемости и сопротивляемости пород сдвигу в стенках буровых скважин. Особенностью установки являются выдвижные лопасти, убирающиеся в щелевые вырезы, они выдвигаются с помощью внутренних поворотных труб. Внешние поворотные трубы служат для установки прибора на определённой глубине. Сдвигающие усилия

передаются на поворотные рычаги от ручной тали посредством заанкеренного тросика ступенями по 200-400 кг/см².

Подготовка к испытанию

Устройство для измерения крутящего момента должно быть проградуировано. По результатам градуировки составляют график (таблицу) зависимости крутящего момента M , кН·см, от показаний измерительного устройства N , см, и вычисляют постоянную характеристику измерительного устройства n , кН, по формуле $n = M / N$.

Забой опытной скважины должен быть расположен на 0,4 — 0,5 м выше отметки испытания грунта (более $2 \div 2,5 d$, где d – диаметр крыльчатки).

Собранную колонну штанг с крыльчаткой общей длиной на 0,8—1,2 м больше глубины отметки испытания грунта вертикально (по отвесу) опускают в скважину и плавно вдавливают в грунт, заглубляя крыльчатку до отметки испытания.

При испытании грунта в массиве крыльчатку вдавливают в грунт, применяя в случае необходимости рычаги, домкраты или специальные устройства, постепенно наращивая колонну штанг.

После погружения верх колонны штанг соединяют с головкой устройства для создания и измерения крутящего момента и записывают начальные показания приборов.

Проведение испытания

1. При испытании с земной поверхности определяют крутящий момент $M_0 = n N$, соответствующий преодолению трения штанг и стержня крыльчатки, путём вращения штанг со стержнем крыльчатки (без лопастей) в 0,5 – 1 м от точки испытания на той же глубине. При испытании грунта в скважинах можно не учитывать трение штанг крыльчатки по грунту и крутящий момент на преодоление этого трения M_0 принимать равным нулю.

2. С помощью устройства для создания крутящего момента вращают колонну штанг с крыльчаткой с угловой скоростью 0,2 — 0,3 град/с. По мере вращения записывают показания приборов для измерения крутящего момента до достижения максимального показания $N_{\max}$, соответствующего максимальному значению крутящего момента $M_{\max}$. Т.е. провернув крыльчатку, можно определить максимальный крутящий момент $M_{\max} = n N_{\max}$, соответствующий природной прочности грунта.

3. Далее продолжают вращение крыльчатки с угловой скоростью 2—3 град/с до условной стабилизации значений крутящего момента, достигаемой за 2—3 полных оборота штанги, и записывают установившееся положение $N_{\text{уст}}$, соответствующее установившемуся значению крутящего момента. $M_{\text{уст}} = n N_{\text{уст}}$, который соответствует прочности породы после разрушения в ней структурных связей.

4. При испытании с поверхности крыльчатку вдавливают на заданную глубину, а при испытании в скважине – на 0,1 - 0,5 м ниже забоя.

5. Испытания в массиве можно проводить до глубины, где отношение $(M_c - M_0) / M_c \geq 0,5$

При меньших значениях этого отношения испытание следует проводить в скважине.

6. В процессе испытания ведут журнал, форма которого приведена ниже.

Журнал испытания грунта методом вращательного среза

Таблица 33

Отметка испытания на глубине, м	Показания измерительного устройства, см			Крутящие моменты, кН*см			Удельное сопротивление срезу, МПа		Краткая литологическая характеристика грунта
	$N_{\max}$	$N_{\text{уст}}$	N_0	$M_{\max}$	$M_{\text{уст}}$	M_0	$\tau_{\max}$	$\tau_{\text{уст}}$	

7. Испытания повторяют не менее трех раз при различных значениях нормального к поверхности среза давления.

Обработка результатов

1. По данным испытаний вычисляют крутящие моменты $M_{\max}$, $M_{\text{уст}}$ и M_0 по формулам:

$$M_{\max} = n N_{\max},$$

$$M_{\text{уст}} = n N_{\text{уст}},$$

$$M_0 = n N_0, \text{ где}$$

где n — постоянная характеристика измерительного устройства, кН, определяемая по результатам градуировки;

$N_{\max}$ и $N_{\text{уст}}$ — соответственно, максимальное и установившееся показания измерительного устройства, см;

N_0 — показание измерительного устройства, характеризующее трение штанг о грунт при отключенной крыльчатке, см.

2. Рассчитывается сопротивление грунта срезу.

За сопротивление грунта срезу $\tau_{\max}$, МПа или $\tau_{\text{уст}}$, МПа принимают значение, определяемое по формулам

$$\tau_{\max} = (M_{\max} - M_0) / B \text{ (для ненарушенного сложения)}$$

$$\tau_{уст} = (M_{уст} - M_0) / B \text{ (для нарушенного сложения)}$$

где B — постоянная крыльчатки, см^3 , принимаемая в зависимости от типа крыльчатки (таблица 33) или может быть рассчитана по формуле:

$$B = \frac{\pi d^2}{2} \left(h + \frac{d}{3} \right),$$

где d — диаметр крыльчатки, см ;
 h — высота крыльчатки, см .

3. Для глинистых, органо-минеральных и органических грунтов с $I_L > 1$ (т.е. находящихся в текучем состоянии) определяют угол внутреннего трения φ и удельное сцепление c , принимая условно $\varphi = 0$ и $c = t_{\max}$.

4. По результатам испытаний строят графики зависимости:

$$\tau = f(\Delta l) \text{ (Рис.54) и } \tau = f(p) \text{ (Рис.55)}$$

Масштаб графика

по горизонтали: 1 мм — 2 мм для Δl (см. показания измерительного прибора N) или 1 град — 2 мм для $\Delta \varphi$
 по вертикали: 0,1 МПа — 20 мм для τ .

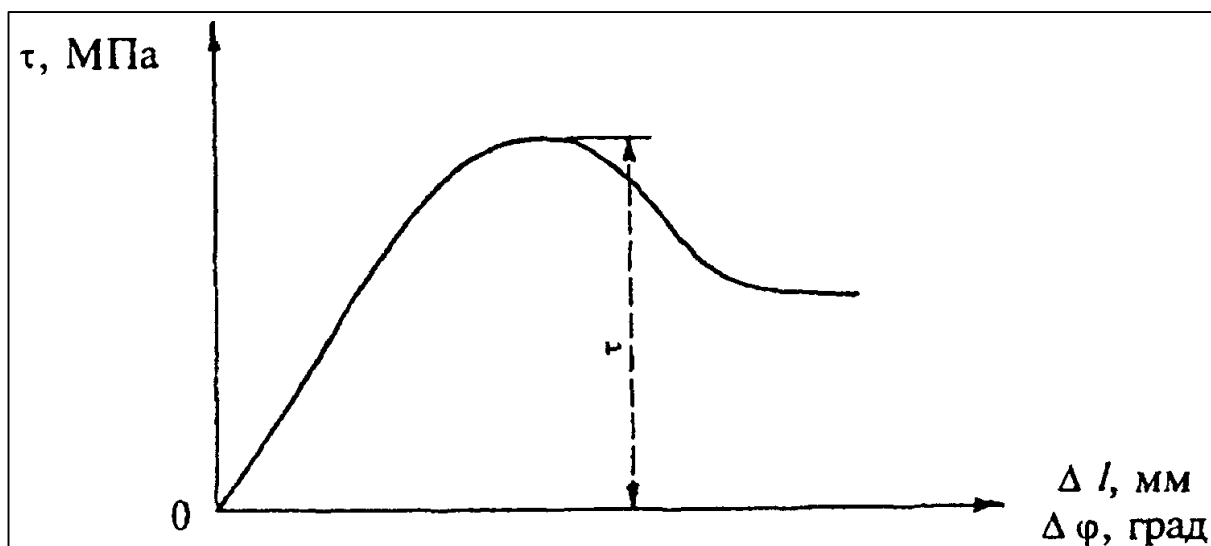


Рис.54. Зависимость удельного сопротивления срезу от перемещений (Δl)

Масштаб графика

по горизонтали: 20 мм — 0,1 МПа для p ;

по вертикали: 20 мм — 0,1 МПа для τ .

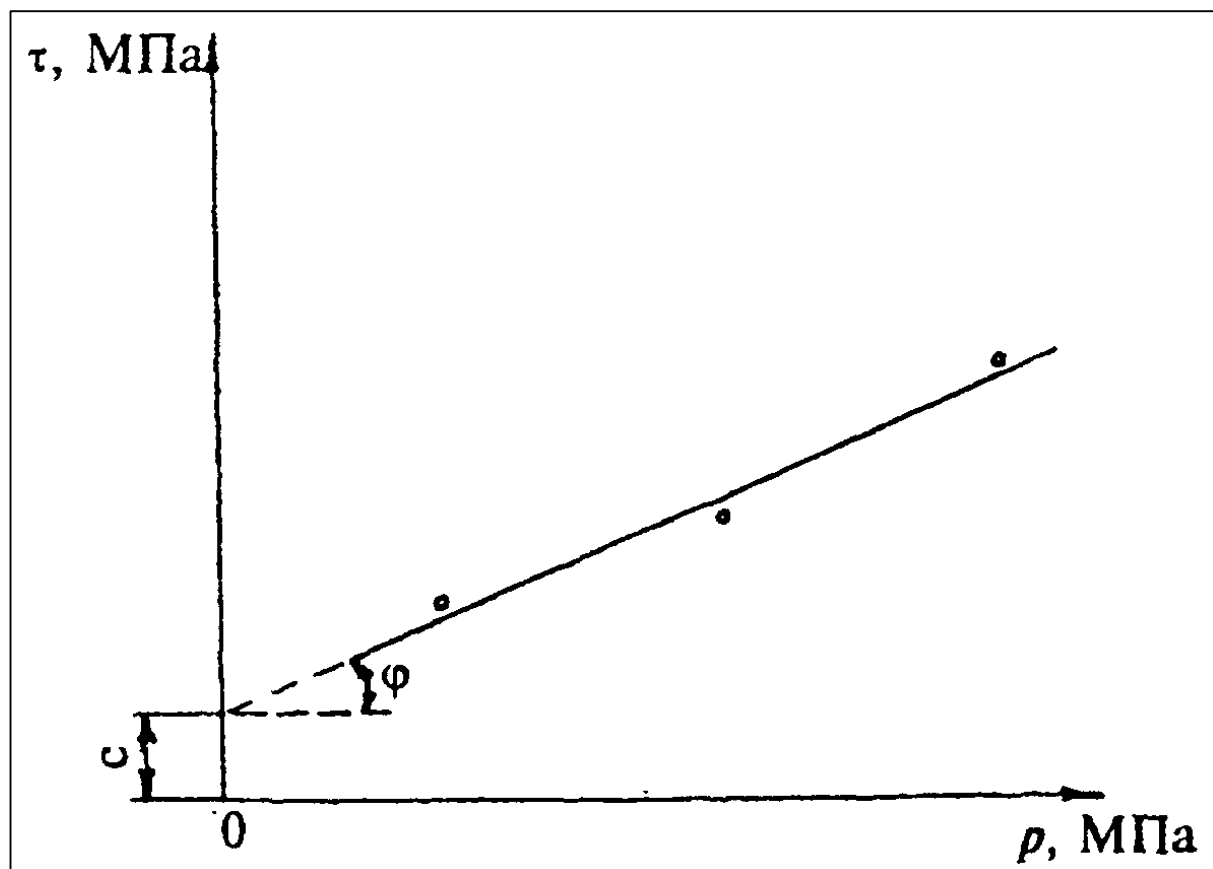


Рис.55. Зависимость удельного сопротивления срезу от нормального к поверхности среза давления (p)

5. По значениям $\tau_{\max}$ оценивают характер пространственной изменчивости прочности грунтов в соответствии с ГОСТ 20522.

6. Модуль деформации грунта E определяют по формуле:

$$E = \omega (1 - \mu)^2 \frac{M_0 - \tau \cdot d \cdot l (2h + 1,33d)}{0,25d^2hl} \sqrt{\frac{dh}{2}},$$

где

ω — коэффициент, зависящий от соотношения высоты крыльчатки и ширины её лопасти, при $h = 2d$, $\omega = 0,92$;

μ — коэффициент Пуассона, для глин $\mu = 0,42$;

M_0 — крутящий момент в первый момент приложения силы, когда угол поворота лопастей близок к нулю и усилие затрачивается в основном на сжатие грунта, кГ · см;

- τ - удельное сопротивление сдвигу, кГ / см²;
- d - диаметр цилиндра, по образующей которого происходит срез (двойная ширина лопасти), см;
- h - высота лопасти крыльчатки, см;
- l - величина перемещения лопасти, см.

Нормативная литература:

ГОСТ 20276–99 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости» [...]

III.2.6. Отбор монолитов грунта методом режущего кольца

Отбор монолитов грунта методом режущего кольца проводится для определения его плотности при естественной влажности.

Для отбора монолитов требуется режущее кольцо (Рис.56), состоящее из рабочей части с внутренним диаметром не менее 50 мм для связных грунтов и не менее 100 мм для песчаных. Высота режущего кольца должна быть не менее половины диаметра, но не более диаметра кольца со стенками толщиной от 0,3 мм до 0,5 мм. Сверху на рабочую часть кольца должна надеваться насадка того же диаметра высотой 20 - 30 мм. К кольцу прикладывается крышка–шток для задавливания его в грунт со смотровыми отверстиями для наблюдения заполнения кольца грунтом. С целью недопущения перекоса кольца при задавливании его в грунт, оно снабжается направляющим кольцом-подставкой. Кроме того, при использовании этого метода для отбора монолитов необходим нож с прямым лезвием длиной больше диаметра кольца, две пластины из металла или оргстекла для накрывания кольца с грунтом, технические весы для взвешивания образца грунта с точностью до 0,01 г., полиэтиленовые пакеты для транспортировки образца от места отбора в лабораторию, совок или лопата.

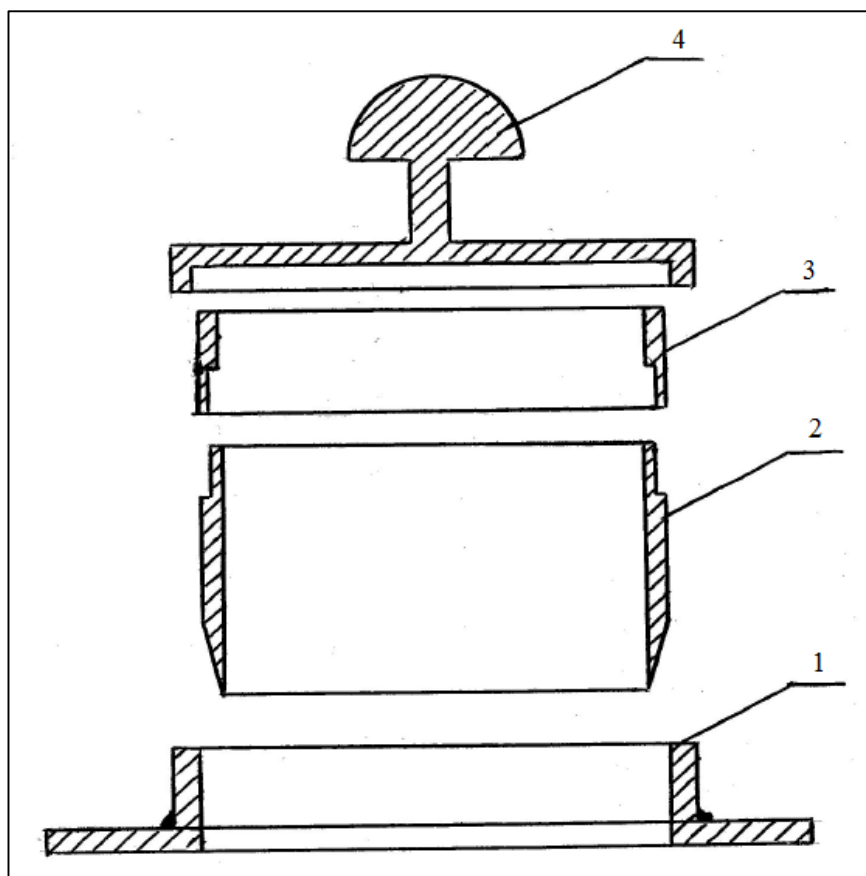


Рис. 56. Пробоотборник режущее кольцо (разрез):
1 – направляющее кольцо-подставка; 2 – рабочая часть кольца;
3 – насадка; 4 – крышка-шток.

Порядок отбора образца в полевых условиях следующий:

- 1) ножом выравнивают поверхность грунта в месте отбора образца;
- 2) на выровненную поверхность устанавливают направляющее кольцо-подставку (1, Рис.56);
- 3) на рабочую часть кольца (2, Рис.56) одевают насадку (3, Рис.56), сверху крышку-шток (4, Рис.56) и вставляют его в направляющее кольцо;
- 4) прикладывая усилие к штоку, задавливают кольцо до упора крышки-штока в направляющее кольцо;
- 5) снимают крышку-шток, убирают направляющее кольцо, затем вновь надевают на режущее кольцо крышку-шток и задавливают его до заполнения грунтом кольца-насадки;
- 6) разрыхляют ножом грунт вокруг пробоотборника и аккуратно его удаляют от режущего цилиндра;
- 7) снимают крышку-шток с насадки, накрывают кольцо пластиной и проводят подкоп пробоотборника совком или лопатой, придерживая рукой пластину;
- 8) переворачивают пробоотборник на пластину, придерживая грунт снизу режущего кольца;

9) зачищают ножом грунт до режущей кромки рабочей части кольца и накрывают его пластиной;

10) после переворота пробоотборника на пластину, снимают пластину с насадки и саму насадку и удаляют лишний грунт;

11) очистив пластину и наружные стенки режущего кольца от грунта, пересыпают грунт из пробоотборника в полиэтиленовый мешок, кладут в него этикетку с указанием места отбора образца;

12) после доставки образца в лабораторию его взвешивают и измеряют объём рабочей части режущего кольца.

Плотность влажного грунта, г/см^3 , вычисляют по формуле:

$$\rho = m / V, \text{ где}$$

m - масса влажного образца, г;

V - объём рабочей части режущего кольца, см^3 .

III.2.7. Методы изучения гидрогеологических условий застраиваемой территории

Методы и технические средства изучения гидрогеологических условий застраиваемых территорий при инженерно-геологических изысканиях зависят от характера решаемых задач, сложности и степени изученности геологических условий и направлены на обеспечение достоверной гидрогеологической информации, необходимой для правильного, научно обоснованного, эффективного решения по выявлению основных инженерно-геологических особенностей исследуемой территории.

Гидрогеологические исследования проводятся в обязательном порядке как необходимая и существенная составная часть при инженерно-геологических изысканиях для проектирования и строительства всех крупных сооружений: водохранилищ, плотин, мостов, гидро-, тепло- и атомных электростанций, тоннелей, железных дорог, автострад, объектов промышленного и гражданского строительства. Таким образом, гидрогеологические исследования - это часть общего комплекса инженерно-геологических изысканий, проводимых для обоснования строительства новых, расширения и реконструкции действующих предприятий, зданий и сооружений.

При гидрогеологических исследованиях должны быть определены условия залегания и распространения, режим и химический состав подземных вод, гидрогеологические параметры водоносных горизонтов и характер взаимосвязи подземных вод с поверхностными. Изучение гидрогеологических условий района (участка) строительства должно проводиться в сфере взаимодействия проектируемых зданий и сооружений с окружающей средой.

При проектировании оснований зданий и сооружений необходимо учитывать возможность изменения гидрогеологических условий площадки в процессе строительства и эксплуатации сооружения, а именно: наличие или возможность образования верховодки, естественные сезонные и многолетние колебания уровня подземных вод, возможное техногенное изменение уровня, степень агрессивности подземных вод по отношению к материалам подземных конструкций [СНиП 2.02.03-85].

В состав гидрогеологических работ при инженерно-геологических изысканиях могут входить: маршрутные гидрогеологические наблюдения, опытно-фильтрационные работы, стационарные наблюдения за уровнем поверхностных и подземных вод, лабораторные исследования состава подземных вод. Состав и детальность гидрогеологических исследований зависят от вида и сложности проектируемого сооружения, природных условий и стадии проектирования.

Согласно существующим нормативам (СНиП 1.02.01-95), проектирование ответственных и крупных сооружений ведут в две стадии - проект и рабочая документация. Проектирование технически несложных объектов выполняют в одну стадию - рабочий проект.

Основной материал по гидрогеологическим условиям строительства получают на стадии проекта. Рекомендуемый перечень гидрогеологических работ по определению гидрогеологических параметров приведен в таблице 34.

Таблица 34

Гидрогеологические параметры	Вид гидрогеологических исследований	Условия применения
Коэффициент фильтрации (водопроницаемости)	Одиночные и кустовые откачки из скважин	Водоносные грунты
	Откачки воды из шурфов	То же
	Одиночные и кустовые наливов воды в скважины	Водоносные слабопроницаемые и сухие грунты
	Наливы воды в шурфы	Сухие грунты
	Одиночные и кустовые нагнетания воздуха в скважины	Сухие и мерзлые крупнообломочные и скальные грунты

	Нагнетания воды в скважины	Водоносные и сухие скальные трещиноватые
	Стационарные наблюдения за уровнем подземных и поверхностных вод	Водоносные грунты
Коэффициенты недостатка насыщения и водоотдачи	Кустовые откачки из скважин	»
	Наливы воды в шурфы	Сухие грунты
	Стационарные наблюдения за уровнем подземных вод	Водоносные грунты
Коэффициент упругой водоотдачи	Кустовые откачки из скважин	»
	Стационарные наблюдения за уровнем (напором) подземных вод	»
Активная пористость	Индикаторные методы	Водоносные грунты
	Кустовые нагнетания и наливы воды в скважины	Сухие грунты
Коэффициент уровнепроводности (пъезопроеводности)	Кустовые откачки воды из скважин	Водоносные грунты
	Кустовые нагнетания воды в скважины	Водоносные и сухие грунты
	Кустовые нагнетания воздуха в скважины	Сухие мерзлые рыхлообломочные и скальные грунты
	Стационарные наблюдения за уровнем воды в скважинах	Водоносные грунты
Коэффициент перетекания	Кустовые откачки воды из скважин	Водоносные грунты, разделенные пластом слабопроницаемых грунтов

Удельное водопоглощение	Наливы воды в скважины	Водоносные и сухие грунты
	Нагнетания воды в скважины	Водоносные и сухие скальные грунты
Удельное воздухопоглощение	Нагнетания воздуха в скважины	Сухие скальные грунты
Гидравлическое сопротивление днищ водоемов (параметр гидравлической связи поверхностных и подземных вод)	Кустовые откачки воды из скважин	Водоносные грунты
	Стационарные наблюдения за уровнем подземных и поверхностных вод	

Гидрогеологические исследования для различного вида строительства ведутся по общим методическим установкам, но имеются и особенности при проектировании того или иного сооружения.

Для гидротехнического строительства изыскания на стадии проекта делятся на два этапа: 1) для выбора одного варианта из ряда конкурирующих и 2) по выбранному варианту для обоснования проекта сооружения.

Гидрогеологические исследования при выборе варианта гидроузла проводят в объеме, необходимом для сопоставления гидрогеологических условий конкурирующих вариантов. Для выбранного варианта объем исследований должен обеспечивать выполнение всех расчетов (определение фильтрационных потерь, расчет гидродинамического давления, суффозии, водоприток в котлованы и т. п.). Верхней границей исследований является отметка НПП, нижняя определяется глубиной зоны интенсивной фильтрации, которая может быть ограничена водоупорным пластом. Максимальная глубина исследований оснований подпорных сооружений не должна превышать одного-двух действующих напоров. Лишь при сложных гидрогеологических условиях (наличии напорных вод, соленосных пород и др.) исследования могут производиться на большую глубину.

Водопроницаемость береговых примыканий изучается в полосе, ширина которой при слабой водопроницаемости пород равна мощности покровных отложений; при средней водопроницаемости равна 1-2 напорам на плотине, при сильной водопроницаемости до 10 напоров, а в карстовых районах - более 10 напоров.

Исследования включают: опытные нагнетания воды или воздуха (на подпорных сооружениях); откачки (кустовые и из одиночных скважин); наливов в шурфы и скважины; определения истинных скоростей фильтрации; стационарные наблюдения за колебаниями уровней подземных вод, изменением их химического состава и температуры. Могут проводиться лабораторные исследования водопроницаемости пород.

Химический состав подземных вод должен изучаться в течение всего периода изысканий под проект с целью оценки с целью оценки гидрохимических процессов, установления связи между водоносными горизонтами и определения агрессивности вод по отношению к бетону. Каждый водоносный горизонт должен быть охарактеризован не менее чем 10 - 20 пробами.

Гидрогеологические исследования для целей промышленного и гражданского строительства на стадии проекта на выбранной площадке должны обеспечить данные для составления генерального плана промышленного предприятия (комплекса зданий гражданского строительства) с учетом прогноза возможного изменения природных условий территории в связи со строительством и эксплуатацией сооружений (зданий).

Основной метод изучения гидрогеологических условий – гидрогеологическая съёмка масштаба 1:10000-1:5000, в процессе которой выполняют основной объём опытно-фильтрационных работ, режимные наблюдения, изучают химический состав и агрессивные свойства подземных вод. Опытно-фильтрационные работы ведут как в водонасыщенных породах, так и в грунтах зоны аэрации.

Режимные наблюдения - один из основных элементов гидрогеологических исследований. Задачи этих наблюдений - установление амплитуды сезонного, годового и многолетнего колебания уровней подземных вод, оценка изменчивости качества подземных вод и их агрессивности во времени. По данным режимных наблюдений можно рассчитать гидрогеологические параметры. Режимные наблюдения, начатые в стадию проекта ответственных сооружений, продолжают и в период их строительства и эксплуатации. При этом прогнозируют и изучают степень воздействия хозяйственной деятельности человека на гидрогеологические условия территории (подтопление и заболачивание территорий, оползневые и просадочные явления и др.).

На стадии рабочей документации гидрогеологические исследования проводят в небольших объёмах для ответственных зданий и сооружений, чтобы уточнить глубину заложения фундамента, осуществить водопонизительные и противифильтрационные мероприятия, организовать режимную сеть.

Гидрогеологические исследования при линейном строительстве в основном осуществляются на стадии проекта во время комплексной инженерно-геологической съёмки масштаба 1:25 000—1:5000 в полосе шириной 200-300 м по обе стороны трассы сооружения. При

гидрогеологических исследованиях изучают глубину залегания подземных вод, глубину вскрытия водоносных горизонтов, степень агрессивности подземных вод по отношению к бетонным и металлическим конструкциям.

При заложении котлованов в обводненных породах проводят одиночные или кустовые откачки для определения коэффициента фильтрации, который используют для расчета дренажей и определения водопритоков в выемки. В состав гидрогеологических исследований входят режимные наблюдения за уровнем и температурой подземных вод.

На стадии рабочей документации продолжают режимные наблюдения, а при изменении на каком-либо участке планового расположения трассы намечают дополнительные гидрогеологические работы.

В районах многолетней мерзлоты проводят специальные мерзлотные исследования с целью установления глубины сезонного промерзания и протаивания грунтов, глубины залегания поверхности многолетней мерзлоты, термического режима деятельного слоя, наличия наледей, термокарстовых понижений и т. д.

На заболоченных территориях изучают условия образования болот, устанавливают их тип, уточняют условия залегания грунтовых вод и характер питания болот.

Основные виды гидрогеологических исследований

К основным гидрогеологическим исследованиям относятся:

- сбор, обобщение и анализ материалов предыдущих исследований;
- рекогносцировочное гидрогеологическое обследование;
- гидрогеологическая съемка;
- разведочные работы;
- опытно-фильтрационные работы;
- наблюдения за режимом подземных вод;
- опробование и лабораторные работы.

К комплексу методов исследований в последние годы добавились новые приемы - дистанционные, изотопные, математического моделирования и др.

Сбор, обобщение и анализ фондовых и опубликованных материалов проводятся на начальных этапах изучения подземных вод. Основное внимание уделяется сведениям, характеризующим геологические и гидрогеологические условия района, режим работы действующих водозаборов и отдельных эксплуатационных скважин.

Рекогносцировочное обследование площади проводится с целью уточнения границ участка, предварительного изучения геоморфологических, геологических и гидрогеологических его особенностей, а также выявления технико-экономических условий проведения различных видов разведочных работ.

Гидрогеологическая съемка - комплекс полевых исследований, целью которых является изучение и картирование гидрогеологических условий территории: выявление гидрогеологического разреза, закономерностей

распространения водоносных толщ и различных типов подземных вод и их качества.

Разведочные работы состоят из проходки, буровых скважин и реже мелких горных выработок - шурфов, канав, расчисток. Буровые работы - основной вид гидрогеологических исследований. Гидрогеологические скважины позволяют изучить геолого-литологический разрез до требуемой глубины, установить глубину залегания кровли и подошвы водоносного горизонта, его мощность, состав водовмещающих пород, положение зеркала или пьезометрического уровня подземных вод, высоту напора, а при определенных условиях и высоту самоизлива воды скважинами.

Опытно-фильтрационные работы осуществляются с целью определения гидрогеологических параметров водоносных толщ и горных пород зоны аэрации и заключаются в проведении откачек из скважин, колодцев, шурфов, наливов воды в скважины и шурфы и нагнетаний воды в скважины.

Откачки - основной вид опытно-фильтрационных работ. Они проводятся при гидрогеологических исследованиях подземных вод для любых целей. Наливы воды в скважины и шурфы чаще всего ведутся при гидрогеологических исследованиях, связанных с орошением и осушением земель, проложением каналов, устройством водохранилищ.

Опытные нагнетания воды в скважины чаще всего проводятся при гидрогеологических исследованиях под гидротехническое строительство.

Наблюдения за режимом подземных вод. Исследования по изучению режима подземных вод проводят с целью оценки условий их формирования, для решения вопросов прогноза режима, использования этих вод или борьбы с ними, оценки запасов, разработки мероприятий по охране их от истощения и загрязнения и др. Режимные наблюдения ведут по специально оборудованной

сети наблюдательных точек, в число которых могут быть включены скважины, колодцы, источники, водомерные посты на реках.

Опробование и лабораторные работы осуществляют с целью изучения водно-физических свойств грунтов и физических свойств, химического и газового состава подземных вод. Заключаются эти работы в отборе проб грунта и воды на различные виды анализов. Пробы отбираются в процессе проведения гидрогеологической съемки, разведочных работ, опытно-фильтрационных и наблюдений за режимом подземных вод.

В зависимости от целей и задач гидрогеологических исследований основные виды работ могут дополняться проведением геофизических, топографо-геодезических, гидрологических работ.

Задание 10. Определение коэффициента фильтрации грунтов опытными наливками в шурфы

Цель и результаты работы.

Цель работы-знакомство студентов с методом определения коэффициента фильтрации грунтов, залегающих в зоне аэрации.

В качестве отчетных материалов студентами представляется:

1. Схема прибора. Описание сущности и области применения метода.
2. Журнал наблюдений.
3. График зависимости $Q = f(t)$.

Основные положения метода

Для определения коэффициента фильтрации неводонасыщенных грунтов, т.е. грунтов, залегающих в зоне аэрации, используется метод налива воды в шурф.

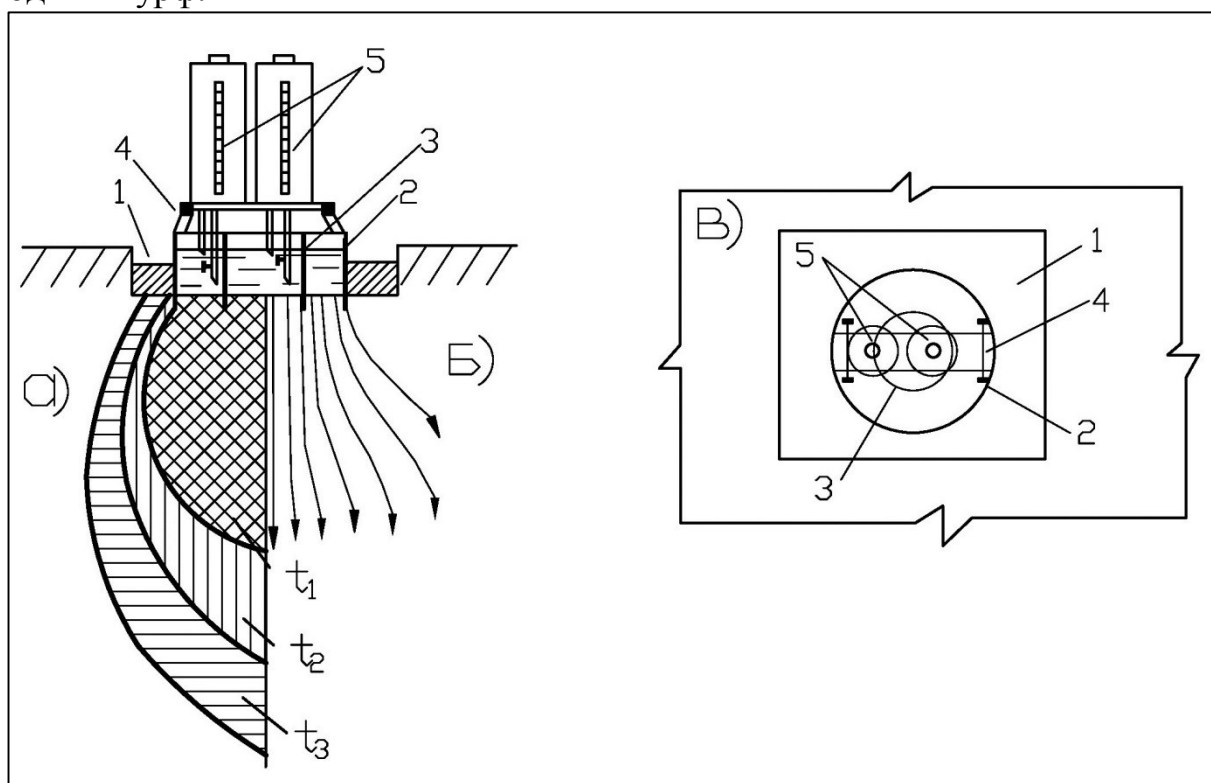


Рис. 57. Конструкция прибора Н.С. Нестерова и условия движения воды в зоне аэрации при опытном наливке. 1 – шурф; 2 – внешний цилиндр прибора; 3 – внутренний цилиндр прибора; 4 – подставка для мерных баков; 5 – мерные баки; а) зоны увлажнения грунта в различные интервалы времени ($t_1 < t_2 < t_3$); б) линии тока воды при ее инфильтрации из шурфа; в) план размещения прибора Н.С. Нестерова в шурфе.

Сущность метода заключается в создании вертикального фильтрационного потока, просачивающегося через сухой грунт вниз от дна шурфа, измерении площади сечения потока, расхода и гидравлического уклона, т.е. всех параметров закона Дарси кроме K_f .

Условия движения воды в зоне аэрации существенно отличаются от условий ее движения в водонасыщенных грунтах. Вода, поступающая в шурф, впитывается в сухой грунт и движется в нем не только под действием сил тяжести, направленных вниз, но и капиллярных сил, которые могут действовать во всех направлениях. Благодаря действию этих сил вода, просачиваясь из шурфа в сухой грунт, растекается, образуя увлажненную зону (фигура увлажнения), форма которой изменяется во времени, вытягиваясь вниз (Рис.57).

По мере увеличения глубины промачивания темп изменения фигуры увлажнения замедляется, и расход воды на инфильтрацию из шурфа стабилизируется. Однако, даже при постоянном расходе линии токов инфильтрационного потока не параллельны между собой, т.е. площадь горизонтального сечения потока, а значит и его скорость меняются с глубиной. Влияние растекания ограничивают специальной схемой опытных установок или учитывают в расчетных формулах. Таким образом, существующие методы позволяют установить величину коэффициента фильтрации только приближенно, но с точностью вполне приемлемой для практических целей.

При инженерных изысканиях используются методы наливов, разработанные А.К.Болдыревым, Н.К.Гириным, Н.С.Нестеровым, Н.Н.Биндеманом, Н.Н.Веригиным. Все они предназначены для случая инфильтрации воды из шурфа в однородную толщу, не содержащую гравитационную и капиллярную влагу, при глубине залегания уровня подземных вод свыше 5 м от дна шурфа. Опыты ведут при постоянной высоте столба воды в зумфе шурфа $H=10$ см, который обеспечивается специальными регуляторами до достижения установившегося расхода (принимается расход, не отличающийся от среднего за период 2 последних часовых наблюдений более чем на 10%) – прил. 10.

На практике студенты подробно знакомятся с методом Н.С.Нестерова. Этот метод несколько сложнее, но совершеннее других. Он основан на предположении, что благодаря конструкции прибора, состоящего из двух концентрически вдавливаемых в грунт цилиндров, на растекание расходуется вода, поступающая в грунт из кольцевого зазора, а вода внутреннего цилиндра просачивается вертикально вниз, т.е. площадь фильтрационного потока равна площади внутреннего цилиндра. На основании этого допущения замеряют и регистрируют в журнале опыта расход только из внутреннего цилиндра.

Значение коэффициента фильтрации определяется по формуле:

$$K_{\phi} = \frac{Q_{уст}}{W \cdot i},$$

где $Q_{уст}$ – установившийся расход во внутреннем цилиндре, м³/сут, см³/мин;

W – площадь поперечного сечения внутреннего цилиндра, м²;

i – гидравлический уклон (принимается $i=1$).

Конструкция прибора Нестерова

Прибор состоит из двух цилиндров диаметром 25 и 50 см и высотой 20-25 см, располагаемых концентрически на дне шурфа. Цилиндры вдавливают в дно на 5-8 см для защиты от размыва. На внешний цилиндр устанавливается подставка, на которой размещаются два сосуда Мариотта для автоматического поддержания уровня воды в цилиндрах на одинаковой высоте ($H=10$ см). На сосудах имеется прозрачная шкала, с помощью которой измеряется объем воды ΔV , профильтровавшейся в грунт за определенное время Δt .

Порядок выполнения работы

1. Описать сущность метода, область его применения и дать схему прибора с указанием основных узлов.

2. Отрыть шурф в грунте на заданную глубину. На выровненную поверхность установить кольца. Задавить их в грунт на 5-8 см. Установить сосуды Мариотта. Залить в них воду.

Подготовить журнал, форма которого приведена в таблице 35.

3. Из ведра залить воду во внутреннее и внешнее кольца, создав слой воды 10 см, открыть краны сосудов Мариотта для автоматического выпуска воды во внутреннее и внешнее кольца. С момента начала истечения воды во внутреннее кольцо включается секундомер. Уровни воды в сосуде Мариотта фиксируются по мерной шкале и заносятся в журнал через определенные интервалы времени. Замеры производятся до получения установившейся величины расхода воды. За установившийся можно принять расход, который с течением времени меняется незакономерно (без затухания) и колеблется в пределах 20% своей величины не менее 15 мин.

4. Обработать опытные данные (вычислить поглощенный объем воды ΔV и расход Q):

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t},$$

Результаты занести в журнал и оформить в виде графика. Пример оформления приведен в приложении 10.

Уровень подземных вод поддерживался выше дна шурфа на ____ см на глубине ____ м;
Диаметр внутреннего кольца ____.

Номер отчета	Время замера t , ч, мин	Промежуток между замерами, мин	Уровень воды по шкале, h	Поглощенный объем воды V , см^3	Расход Q , $\text{см}^3/\text{мин}$	Примечания (перерывы в наблюдениях: отбор проб на влажность из скважин для определения глубины промачивания грунтов и т.д.)

Исполнители работ:

Дополнительно к обработке материалов собственного эксперимента бригада, по указанию преподавателя, обрабатывает результаты опытных данных, полученные при изысканиях по таблице 36.

Исходные данные для определения коэффициента фильтрации маловлажных грунтов методом налива по Н.С. Нестерову

Время замера, ч, мин	Время с на- чала опыта, мин	Объём профильтрованной воды, л /по вариантам/							
		1	2	3	4	5	6	7	8
9.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.05	5	1,500	2,000	2,250	2,500	1,250	1,100	1,000	2,125
9.10	10	2,700	3,725	4,250	4,725	2,375	2,125	1,875	4,000
9.15	15	3,675	5,225	6,000	6,650	3,325	3,000	2,600	5,600
9.20	20	4,450	6,550	7,575	8,475	4,225	3,775	3,275	7,050
9.25	25	5,150	7,725	9,025	10,150	5,075	4,525	3,875	8,400
9.30	30	3,775	8,775	10,375	11,725	5,850	5,200	4,400	9,600
9.35	35	6,300	9,750	11,650	13,200	6,600	5,850	4,875	10,725
9.40	40	6,750	10,625	12,825	14,600	7,300	6,425	5,325	11,750
9.45	45	7,150	11,425	13,950	15,950	7,925	6,975	5,725	12,650
9.50	50	7,525	12,150	15,050	17,275	8,650	7,525	6,075	13,600
9.55	55	7,875	12,825	16,050	18,025	9,025	8,025	6,425	14,450
10.00	60	8,200	13,450	17,000	19,300	9,650	8,500	6,725	15,225
10.05	65	8,500	14,050	17,925	20,550	10,275	8,975	7,025	16,000
10.10	70	8,775	14,625	18,850	21,775	10,875	9,425	7,325	16,750
10.15	75	9,025	15,175	19,750	23,000	11,500	9,875	7,600	17,500
10.20	80	9,275	15,725	20,650	24,225	12,075	10,300	7,875	18,250
10.25	85	9,525	16,275	21,550	25,425	12,725	10,725	8,150	19,000
10.30	90	9,775	16,325	22,450	26,625	13,325	11,150	8,425	19,760
10.35	95	10,025	17,375	23,350	27,825	13,925	11,575	8,700	20,500
10.40	100	10,275	17,925	24,250	29,025	14,525	11,950	8,975	21,250

Время заме- ра, ч, мин	Время с на- чала опыта, мин	Объём профильтрованной воды, л /по вариантам/						
		9	10	11	12	13	14	15
9.55	0	0	0	0	0	0	0	0
10.00	5	3,000	2,600	9,200	5,600	4,600	2,000	2,100
10.05	10	5,400	4,600	16,200	10,000	8,100	3,700	6,250
10.10	15	7,400	6,200	21,800	13,600	10,900	5,200	11,750
10.15	20	9,000	7,300	26,400	16,200	13,200	6,600	15,400
10.20	25	10,300	8,300	30,000	18,600	15,500	7,800	20,650
10.25	30	11,600	9,100	33,000	20,700	16,500	8,800	24,550
10.30	35	12,600	9,700	35,400	22,300	17,700	9,800	28,000
10.35	40	13,500	10,200	36,160	23,700	18,800	10,600	30,200
10.40	45	14,300	10,600	39,600	24,900	19,800	11,400	34,150
10.45	50	15,100	10,900	41,400	26,000	20,700	12,200	36,750
10.50	55	15,800	11,100	43,000	26,900	21,500	12,900	39,350
10.55	60	16,500	11,200	46,400	27,900	23,200	13,500	41,750
11.00	65	17,200	11,300	47,600	28,800	23,800	14,100	43,900
11.05	70	17,800	11,400	48,700	29,700	24,400	14,800	46,050
11.10	75	18,400	11,500	49,700	30,600	24,900	15,500	48,150
11.15	80	18,900	11,600	50,700	31,400	25,400	16,100	50,200
11.20	85	19,400	11,700	51,700	32,200	25,800	16,700	52,250
11.25	90	19,900	11,800	52,700	33,000	26,200	17,100	54,300
11.30	95	20,400	11,900	53,700	33,800	26,600	17,900	56,350
11.35	100	20,900	12,000	54,700	34,600	27,000	18,600	58,400
11.40	105	21,400	12,000	55,700	35,400	27,400	19,200	60,450

Время замера, ч, мин	Время с на- чала опыта, мин	Объём профильтрованной воды, л /по вариантам/						
		16	17	18	19	20	21	22
11.55	0	0	0	0	0	0	0	0
12.00	5	2,900	3,100	3,000	2,900	2,300	0,500	3,500
12.05	10	5,200	5,600	5,500	4,400	4,000	0,950	4,700
12.10	15	7,100	7,600	7,600	6,450	5,750	1,350	6,600
12.15	20	8,700	9,300	9,300	8,200	6,350	1,720	8,400
12.20	25	10,050	10,700	10,700	9,650	7,800	2,070	10,100
12.25	30	11,250	11,900	10,850	10,850	9,150	2,400	11,750
12.30	35	12,250	12,900	12,900	11,600	10,450	2,710	13,350
12.35	40	13,100	13,750	13,800	12,600	11,650	3,000	14,900
12.40	45	13,850	14,450	14,600	13,250	12,800	3,280	16,400
12.45	50	14,550	15,050	15,350	13,750	13,900	3,550	17,850
12.50	55	15,200	15,550	16,050	14,200	14,900	3,810	19,250
12.55	60	15,800	16,000	16,700	14,600	15,900	4,070	20,600
13.00	65	16,350	16,400	17,350	14,950	16,850	4,320	21,950
13.05	70	16,850	16,750	17,950	15,300	17,900	4,560	23,250
13.10	75	17,300	17,100	18,500	15,600	18,800	4,800	24,500
13.15	80	17,700	17,450	19,050	15,900	19,700	5,040	25,750
13.20	85	18,100	17,800	19,600	16,200	21,600	5,280	27,000
13.25	90	18,500	18,250	20,050	16,500	22,500	5,520	28,250
13.30	95	18,900	18,700	20,500	16,800	23,400	5,600	29,500

Время замера, ч, мин	Время с начала опыта, мин	Объём профильтрованной воды, л /по вариантам/							
		23	24	25	26	27	28	29	30
10.55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.00	5	6,000	6,100	5,900	5,200	2,800	3,000	2,000	2,300
11.05	10	10,800	10,100	9,900	8,800	4,950	4,650	3,700	4,050
11.10	15	17,700	15,200	14,050	12,200	7,100	7,950	5,200	5,800
11.15	20	18,000	18,600	17,500	14,550	8,170	10,120	6,550	6,600
11.20	25	20,750	21,400	20,350	17,450	10,070	12,170	7,750	7,500
11.25	30	23,150	23,800	22,750	20,000	11,550	14,150	8,750	8,250
11.30	35	25,150	25,600	24,700	22,250	13,140	16,060	9,750	8,850
11.35	40	26,850	27,550	26,400	24,250	14,650	17,900	10,600	9,400
11.40	45	28,300	29,050	27,850	26,050	16,080	19,880	12,450	9,900
11.45	50	29,600	30,400	29,100	26,650	17,450	21,400	12,150	10,350
11.50	55	30,750	31,600	30,250	29,100	18,710	23,060	12,850	10,750
11.55	60	31,800	32,700	31,300	30,500	19,970	24,670	13,450	11,600
12.00	65	32,750	33,750	32,300	31,800	21,710	26,270	14,050	11,900
12.05	70	33,600	34,700	33,250	33,200	22,160	27,810	14,650	12,170
12.10	75	34,400	35,600	34,100	34,400	23,600	29,300	15,250	12,420
12.15	80	35,150	36,500	34,950	36,600	24,740	30,790	15,850	12,770
12.20	85	35,900	37,400	35,800	37,800	26,880	32,280	16,450	13,020
12.25	90	36,650	38,300	36,650	39,000	28,020	33,770	17,050	13,270
12.30	95	37,600	39,200	37,300	40,200	29,140	35,260	17,650	13,520

Задание 11. Определение коэффициента фильтрации грунтов опытными откачками воды из скважины

Цель и результаты работы

Цель работы – знакомство студентов с методом определения коэффициента фильтрации водонасыщенных грунтов.

В качестве отчетного материала должны быть представлены:

1. Схема опытного куста скважины с указанием его параметров. Описание сущности и области применения метода.
2. Расчет коэффициента фильтрации.

Основные положения метода

Откачки – основной и наиболее распространенный метод опытно-фильтрационных исследований водонасыщенных грунтов. При кустовой откачке бурят центральную скважину, из которой производится откачка воды насосом, и ряд наблюдательных скважин, по которым следят за изменением уровня воды во время откачки.

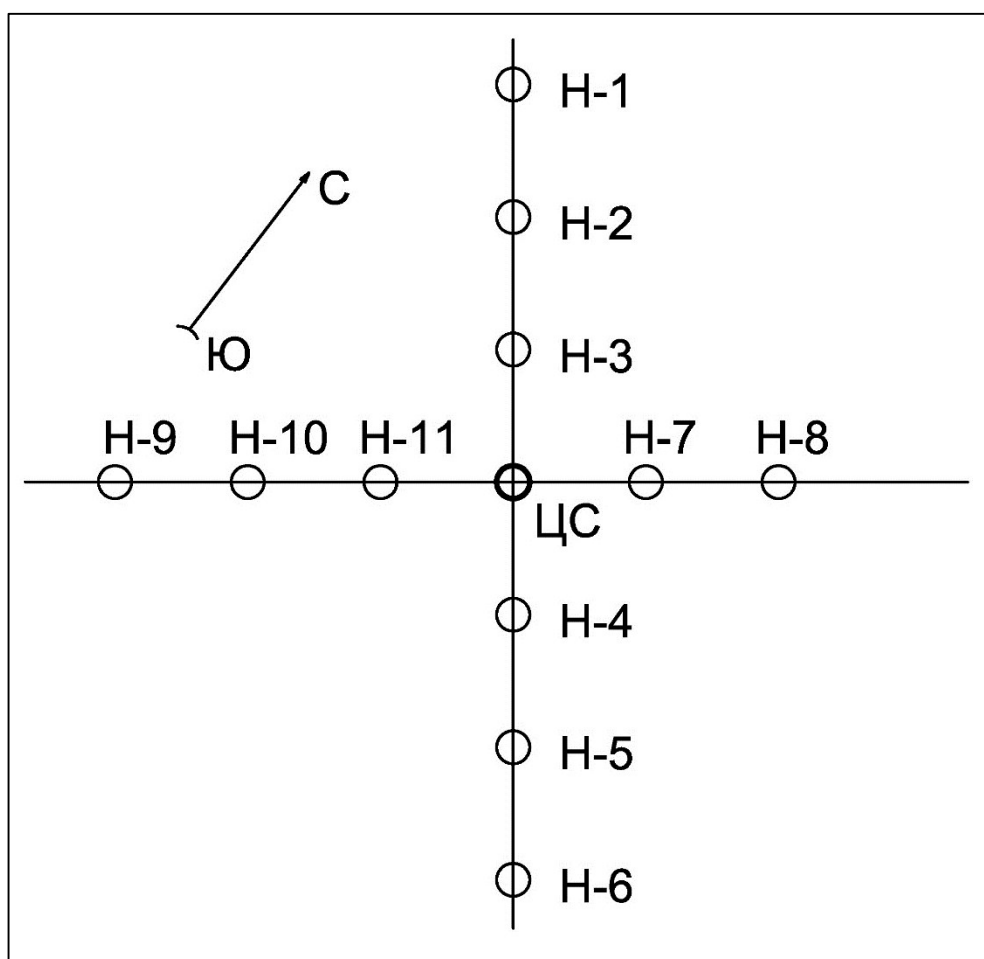


Рис.58. План куста опытной откачки: ЦС – центральная скважина с насосами и фильтрами; N1-N11 – наблюдательные скважины, оборудованные фильтрами

Наблюдательные скважины располагаются на нескольких лучах, сходящихся к центральной скважине и на разных расстояниях от центральной скважины (рис.58). Это позволяет определить гидравлический уклон и радиус влияния в ходе опыта на разных направлениях.

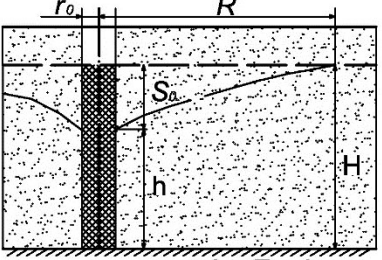
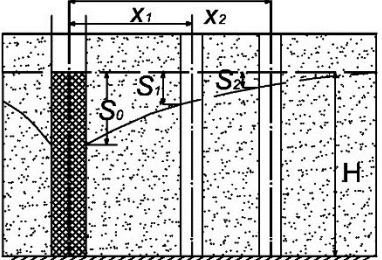
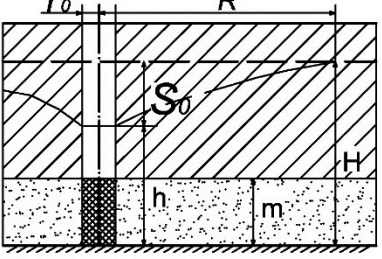
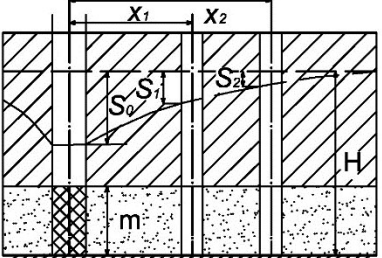
Характер водоносного горизонта	Вид откачки	Расчетные схемы и формулы
Безнапорный	Одиночная	 $K_{\Phi} = 0,73 * Q * \frac{\lg R - \lg r_0}{(2H - S_0) * (S_0)}$
	Кустовая с двумя наблюдательными скважинами	 $K_{\Phi} = 0,73 * Q * \frac{\lg x_2 - \lg x_1}{(2H - S_1 - S_2) * (S_1 - S_2)}$
Напорный	Одиночная	 $K_{\Phi} = 0,366 * Q * \frac{\lg R - \lg r_0}{m * S_0}$
	Кустовая с двумя наблюдательными скважинами	 $K_{\Phi} = 0,366 * Q * \frac{\lg x_2 - \lg x_1}{m * (S_1 - S_2)}$

Рис.59. Расчетные формулы для определения коэффициента фильтрации грунтов методом откачек

Откачки обычно проводятся при двух-трех понижениях уровня воды в центральной скважине в сильноводопроницаемых грунтах не менее 1м, в средне- и маловодопроницаемых – 1,5-2м. Продолжительность откачки при одном понижении в однородных грунтах определяется реальными гидрогеологическими условиями и изменяется от нескольких часов до нескольких месяцев.

Методы обработки результатов опытных откачек основаны на решении фильтрации по определенным расчетным схемам, учитывающим геологическое строение участка, степень и характер вскрытия пласта скважиной и расположение в ней фильтра, вид откачки. Некоторые наиболее употребляемые формулы для расчета коэффициента фильтрации при откачках из совершенных скважин в однородных пластах приведены на рис.59.

В этих формулах приняты следующие обозначения:

K_{ϕ} – коэффициент фильтрации, м/сут;

Q – дебит скважины, м³/сут;

r_0 – радиус центральной скважины (фильтры), м;

R – радиус влияния откачки;

h – динамический уровень воды в центральной скважине, отсчитываемый от её дна, м;

S_0, S_1, S_2 – понижение уровня соответственно в центральной, первой и второй наблюдательных скважинах, м;

x_1, x_2 – расстояние от центральной скважины до первой и второй наблюдательных, м;

H и m – мощность пласта соответственно безнапорных и напорных вод.

Устройство куста опытной откачки

Куст скважины включает центральную опытную скважину, закрепленную обсадной трубой с фильтром и погружным насосом для откачки воды из нее, и наблюдательные скважины, также закрепленные трубами с фильтрами. Из центральной скважины откачивается вода, а в наблюдательных – фиксируется снижение уровня в водоносном слое.

Для замеров уровней воды применяются электроуровнемеры или хлопушки. Расход откачиваемой воды измеряется с помощью водомера, установленного на выходном патрубке погружного насоса или с помощью мерного бака и секундомера.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством куста скважин для откачки, конструкцией скважин, геологическим разрезом опытного участка, и измерить параметры куста. Описать метод и область его применения.

2. Для получения навыков замера уровня воды в скважинах и определения расхода воды произвести откачку при трех понижениях. Вычислить понижения уровня воды в скважинах и дебит.

3. Для получения навыков обработки результатов опытных откачек рассчитать коэффициент фильтрации, пользуясь своими измерениями, либо, по указанию преподавателя, данными наблюдений за откачками, приведенными в таблица 37 или 38.

4. Оформить результаты определения коэффициента фильтрации согласно приведенным примерам (см. приложение 11).

Журнал опытных данных по кустовой откачке из напорных вод

Таблица 37

Вариант	Расход, л/с	Понижение, м			Вариант	Расход, л/с	Понижение, м			Вариант	Расход, л/с	Понижение, м		
		S ₀	S ₁	S ₂			S ₀	S ₁	S ₂			S ₀	S ₁	S ₂
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	1,00	1,50	0,80	0,30	11	0,40	0,30	0,16	0,12	21	1,50	3,00	0,50	0,20
	2,00	3,00	1,80	0,80		0,80	0,60	0,34	0,26		2,00	4,00	0,80	0,40
	3,00	4,50	3,00	1,50		1,40	1,05	0,58	0,44		2,50	5,00	1,20	0,70
2	0,30	3,00	0,50	0,20	12	0,30	0,45	0,26	0,20	22	1,00	1,00	0,60	0,20
	0,40	4,00	0,80	0,40		0,70	1,05	0,58	0,44		2,00	2,00	1,20	0,40
	0,50	5,00	1,20	0,70		1,20	1,80	1,00	0,76		3,00	3,00	1,80	0,60
3	0,20	0,30	0,15	0,12	13	0,60	3,00	0,50	0,20	23	0,30	3,00	1,00	0,30
	0,40	0,60	0,34	0,28		0,80	4,00	0,80	0,40		0,40	4,00	1,44	0,50
	0,69	1,04	0,58	0,47		1,00	5,00	1,20	0,70		0,50	5,00	1,90	0,73
4	0,45	3,00	1,00	0,30	14	0,60	3,00	1,00	0,30	24	0,90	0,67	0,37	0,31
	0,60	4,00	1,44	0,50		0,80	4,00	1,44	0,55		1,20	0,90	0,50	0,42
	0,75	5,00	1,90	0,73		1,00	5,00	1,90	0,73		1,35	1,05	0,54	0,45
5	0,45	3,00	0,50	0,20	15	0,40	0,60	0,33	0,28	25	1,20	3,00	0,50	0,20
	0,60	4,00	0,80	0,40		0,64	0,96	0,50	0,42		1,60	4,00	0,80	0,40
	0,75	5,00	1,20	0,70		0,80	1,20	0,67	0,57		2,00	5,00	1,20	0,70
6	0,40	0,60	0,33	0,28	16	1,20	3,00	1,00	0,30	26	0,60	0,76	0,42	0,34
	0,72	1,08	0,54	0,45		1,60	4,00	1,44	0,50		0,90	1,36	0,74	0,62
	0,88	1,32	0,75	0,64		2,00	5,00	1,90	0,73		1,05	1,76	0,84	0,70
7	0,90	3,00	1,00	0,30	17	1,80	1,35	0,74	0,62	27	0,70	1,05	0,58	0,48
	1,20	4,00	1,44	0,50		2,40	1,80	1,00	0,84		1,05	1,57	0,85	0,70
	1,50	5,00	1,90	0,73		2,70	2,02	1,10	0,92		1,75	2,62	1,50	1,25
8	0,40	0,30	0,18	0,14	18	1,80	3,00	0,50	0,20	28	0,35	0,53	0,29	0,24
	0,71	0,53	0,30	0,23		2,40	4,00	0,80	0,40		0,50	0,75	0,42	0,35
	1,00	0,75	0,43	0,33		3,00	5,00	1,20	0,70		0,91	1,37	0,76	0,63
9	0,50	1,50	0,40	0,20	19	2,00	1,50	0,40	0,20	29	1,00	1,50	0,40	0,20
	0,80	2,40	0,72	0,40		3,20	2,40	0,72	0,40		1,60	2,40	0,72	0,40
	1,50	4,50	1,20	0,60		6,00	4,50	1,20	0,60		3,00	4,50	1,20	0,60
10	2,10	3,00	0,50	0,20	20	1,50	1,50	0,40	0,20	30	0,90	3,00	0,50	0,20
	2,80	4,00	0,80	0,40		2,40	2,40	0,72	0,40		1,20	4,00	0,80	0,40
	3,50	5,00	1,20	0,70		4,50	4,50	1,20	0,60		1,50	5,00	1,20	0,70

Примечание. X₁=5м; X₂=15м; m=5м; H=11м; СУПВ (ПУПВ)=2,1м.

Радиус влияния R: в супесях и пылеватых песках – 150м; в мелкозернистых песках – 500м; в среднезернистых песках – 1000м.

Журнал опытных данных по кустовой откачке из безнапорных вод

Таблица 38

Вариант	Расход, л/с	Понижение, м			Вариант	Расход, л/с	Понижение, м			Вариант	Расход, л/с	Понижение, м		
		S ₀	S ₁	S ₂			S ₀	S ₁	S ₂			S ₀	S ₁	S ₂
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0,60	1,50	0,75	0,55	11	2,00	2,00	1,00	0,75	21	0,80	0,80	0,40	0,80
	0,80	2,00	1,00	0,72		2,40	2,40	1,20	0,90		2,20	2,20	1,10	0,82
	1,00	2,50	1,25	0,90		3,00	3,00	1,50	1,11		3,40	3,40	1,70	1,23
2	0,80	2,00	1,00	0,75	12	1,10	1,10	0,55	0,42	22	0,20	1,00	0,50	0,38
	1,40	3,50	1,65	1,20		1,50	0,50	0,75	0,57		0,40	2,00	1,00	0,75
	1,90	4,75	2,35	1,70		1,80	1,80	0,90	0,68		0,70	3,50	1,75	1,29
3	1,80	1,50	0,75	0,35	13	1,20	1,50	0,75	0,55	23	0,70	0,70	0,35	0,25
	2,40	2,00	1,00	0,72		1,60	2,00	1,00	0,72		1,20	1,20	0,60	0,42
	3,00	2,50	1,25	0,90		2,00	2,50	1,25	0,90		1,60	1,60	0,80	0,56
4	1,00	2,00	1,00	0,75	14	0,30	1,50	0,75	0,55	24	0,40	0,80	0,40	0,30
	1,20	2,40	1,20	0,90		0,40	2,00	1,00	0,72		1,10	2,20	1,10	0,82
	1,50	3,00	1,50	1,11		0,50	2,50	1,25	0,90		1,70	3,40	1,70	1,23
5	0,60	1,50	0,75	0,55	15	1,60	2,00	1,00	0,75	25	0,30	1,50	0,78	0,61
	0,80	2,00	1,00	0,72		2,80	3,50	1,65	1,20		0,50	2,50	1,30	1,00
	1,00	2,50	1,25	0,92		3,80	4,75	2,35	1,70		0,70	3,50	1,82	1,38
6	0,75	1,50	0,78	0,61	16	0,35	0,70	0,35	0,25	26	1,60	0,80	0,40	0,30
	1,25	2,50	1,30	1,00		0,60	1,20	0,60	0,42		4,40	2,20	1,10	0,82
	1,75	3,50	1,82	1,38		0,80	1,60	0,80	0,56		6,80	3,40	1,70	1,23
7	0,55	1,10	0,55	0,42	17	0,70	1,40	0,70	0,50	27	2,20	1,10	0,55	0,42
	0,75	1,50	0,75	0,57		1,10	2,20	1,10	0,81		3,00	1,50	0,75	0,57
	0,90	1,80	0,90	0,68		1,50	1,50	1,50	1,05		3,60	1,80	0,90	0,68
8	1,10	1,00	0,50	0,38	18	2,80	1,40	0,70	0,50	28	0,40	2,00	1,00	0,75
	2,00	2,00	1,00	0,75		4,40	2,20	1,10	0,81		0,70	3,50	1,65	1,20
	3,50	3,50	1,75	1,29		6,00	3,00	1,50	1,05		0,95	4,75	2,35	1,70
9	1,40	0,70	0,35	0,25	19	2,00	1,00	0,50	0,38	29	0,50	2,00	1,00	0,75
	2,40	1,20	0,60	0,42		4,00	2,00	1,00	0,75		0,60	2,40	1,20	0,90
	3,20	1,60	0,80	0,56		7,00	3,50	1,75	1,29		0,75	3,00	1,50	1,11
10	1,40	1,40	0,70	0,50	20	1,50	1,50	0,78	0,61	30	1,20	1,50	0,75	0,55
	2,20	2,20	1,10	0,81		2,50	2,50	1,30	1,00		1,60	2,00	1,00	0,72
	3,00	3,00	1,50	1,05		3,50	3,50	1,82	1,38		2,00	2,50	1,25	0,90

Примечание. X1=5м; X2=15м; H=12м; СУПВ=2,1м; значения R те же, что и в табл. 37

Задание 12. Определение коэффициента фильтрации грунтов методом экспресс-налива в скважину

Цель работы – ознакомиться с методикой проведения опытных экспресс-наливов, практическое их проведение и обработка результатов.

Основные положения метода

Экспресс-налив производится путем быстрого (теоретически мгновенного) возмущения напора водоносного пласта с последующей регистрацией изменений уровня воды в скважине. Источником возмущения напора может быть налив некоторого объема воды в скважину.

Замеры изменения уровней подземных вод в скважине после налива позволяют рассчитать коэффициент фильтрации водоносного горизонта.

Преимущество экспресс-налива перед опытными откачками состоит в том, что он дает возможность быстро и без больших затрат средств произвести массовое опробование скважин на значительной территории.

Недостаток этого метода заключается в том, что с его помощью удастся определить фильтрационные свойства водовмещающих грунтов только в зоне, непосредственно примыкающей к опытной скважине.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с конструкцией скважины, в которую будет осуществляться экспресс-налив. С помощью хлопущки определить глубину естественного (статического) уровня воды h_e в скважине. Глубина измеряется от верха обсадной трубы скважины (см. приложение 12), принимаемой за начало отсчета.

2. Быстро (мгновенно) налить воду в скважину. С этого момента включается секундомер и замеры уровня воды в скважине $h(t)$. По секундомеру установить точное время t каждого замера (касания воды хлопущкой). Результаты экспресс-налива записать в журнал, форма которого приведена в таблице 39.

Таблица 39

Журнал экспресс-налива

Скважина №

Диаметр скважины в интервале $h_e-h_{(0)}$

Мощность водоносного горизонта

$h_e = \dots$ м

$d = \dots$ м

$m = \dots$ м

t, c	$h(t), m$	$S(t)=S(t)/S(0)$
1	2	3

Примечание. Замеры в песках и галечниках производить до тех пор, пока не выполнится условие $h(t) = h_e$, в слабопроницаемых супесчанистых и глинистых грунтах продолжительность наблюдений не менее 1 ч.

Камеральная обработка результатов работы

1. Рассчитать столбцы 3 и 4 журнала налива.
2. Из журнала налива (таблица 41) выбрать пары значений t и S , по которым будут производиться расчеты коэффициента фильтрации. Эти пары значений занести из таблицы 41 в таблицу 39.

Таблица 40

Данные и результаты расчета коэффициента фильтрации K_f

№ пары	t_1, c	$S_1, м$	t_2, c	$S_2, м$	$K_f, м/сут$
1	2	3	4	5	6

При выборе пар важно, чтобы $t_2 > t_1$.

3. Столбец 6 таблицы 40 заполнить по формуле:

$$K = r_c^2 \ln \frac{t_2}{t_1} / [345600 \left(\frac{t_2}{\ln S(t_2)} - \frac{t_1}{\ln S(t_1)} \right) \cdot m],$$

где t_1 и t_2 – время, с;

r_c – радиус скважины (диаметр записан в таблице 41), м;

m – мощность водоносного горизонта (также входит в таблицу 41), м.

Ва- ри- ант	Но- мер сква- жины	Диа- метр сква- жины, мм	Мощ- ность водонос- ного горизон-та m, м	Время замера уровня воды в скважине t, сек	Высота уровня воды в скважине h _t , м	Величина понижения уровня в скважине за время между замерами, м. $S_t=h_H-h_t$
1	2	3	4	5	6	7
1	3	127	1,5	0	0	Рассчитать
				5	0,8	
				10	1,31	
				15	1,83	
				20	2,12	
				30	2,40	
				40	2,50	
				60	2,61	
2	1	127	2,0	0	1,20	Рассчитать
				5	1,44	
				10	1,65	
				15	1,83	
				20	1,98	
				30	2,16	
				40	2,30	
				60	2,45	
3	5	127	2,0	0	0,20	Рассчитать
				10	0,29	
				30	0,46	
				60	0,67	
				90	0,84	
				120	0,99	
				150	1,12	
				180	1,22	
4	2	133	1,7	0	0,00	Рассчитать
				10	0,15	
				30	0,31	
				60	0,50	
				90	0,64	
				120	0,74	
				180	0,90	
				240	1,02	

1	2	3	4	5	6	7
5	4	127	1,5	0	0,15	Рассчитать
				10	0,40	
				20	0,62	
				40	0,79	
				60	0,92	
				90	1,07	
				120	1,19	
				180	1,36	
6	6	127	1,3	0	0,00	Рассчитать
				10	0,42	
				20	0,79	
				60	1,78	
				90	2,23	
				120	2,61	
				180	3,11	
				240	3,38	
7	12	127	1,8	0	0,20	Рассчитать
				15	0,41	
				30	0,56	
				60	0,80	
				90	1,01	
				240	1,61	
				600	2,52	
				1200	3,30	
8	7	127	1,0	0	0,00	Рассчитать
				30	0,22	
				60	0,38	
				120	0,62	
				300	0,95	
				600	1,56	
				1200	2,47	
				1800	2,90	
9	11	127	2,0	0	0,05	Рассчитать
				30	0,25	
				60	0,41	
				120	0,59	
				300	0,99	
				600	1,42	
				1200	2,31	
				1800	2,75	
10	9	127	1,5	0	0,00	Рассчитать
				60	0,12	
				300	0,56	
				1200	1,73	
				1800	2,12	
				2400	2,39	
				3300	2,61	
				3600	2,66	

1	2	3	4	5	6	7
11	8	127	2,1	0	0,00	Рассчитать
				60	0,11	
				300	0,48	
				1200	1,39	
				1800	1,87	
				2700	2,42	
				3300	2,61	
				3600	2,70	
12	10	127	1,8	0	0,00	Рассчитать
				30	0,60	
				60	1,04	
				120	1,73	
				180	2,21	
				240	2,65	
				540	3,92	
				900	4,56	
13	13	127	2,0	0	0,04	Рассчитать
				30	0,53	
				60	0,92	
				120	1,69	
				180	2,12	
				240	2,43	
				600	3,20	
				1200	4,10	
14	16	127	1,6	0	0,08	Рассчитать
				30	0,47	
				60	0,78	
				120	1,32	
				240	2,16	
				600	5,22	
				1200	6,74	
				1320	6,92	
15	14	127	0,8	0	0,01	Рассчитать
				30	0,25	
				60	0,44	
				120	0,79	
				300	1,63	
				600	2,48	
				1200	3,48	
				1320	3,60	

1	2	3	4	5	6	7
16	15	127	1,1	0	0,05	Рассчитать
				30	0,29	
				60	0,51	
				120	0,94	
				300	1,87	
				1200	2,70	
				1510	3,25	
				1800	3,65	
17	17	127	1,9	0	0,07	Рассчитать
				30	0,22	
				60	0,46	
				120	0,80	
				300	1,61	
				1200	3,83	
				2100	5,05	
				2220	5,15	
18	19	127	2,1	0	0,01	Рассчитать
				30	0,23	
				60	0,41	
				90	0,52	
				180	0,89	
				300	1,33	
				900	2,43	
				1500	2,84	
19	21	127	1,7	0	0,04	Рассчитать
				30	0,19	
				60	0,35	
				120	0,46	
				180	0,54	
				300	0,64	
				900	0,89	
				1500	1,00	
20	22	127	2,0	0	0,10	Рассчитать
				30	0,44	
				60	0,73	
				120	1,18	
				300	2,07	
				600	2,72	
				1200	3,41	
				1800	3,80	

1	2	3	4	5	6	7
21	24	127	1,1	0	0.45	Рассчитать
				20	0.95	
				60	1.72	
				120	2.63	
				300	5.01	
				600	8.50	
				660	8.71	
				690	8.80	
22	30	127	1,6	0	0.15	Рассчитать
				20	0.70	
				60	1.55	
				120	2.62	
				300	4.87	
				600	6.46	
				900	7.51	
				930	7.60	
23	27	127	2,0	0	0.00	Рассчитать
				30	0.32	
				60	0.56	
				300	1.75	
				900	3.83	
				1800	4.94	
				2700	5.54	
				2820	5.60	
24	31	127	1,5	0	0.00	Рассчитать
				30	0.32	
				60	0.60	
				300	1.39	
				900	2.47	
				1800	3.10	
				2700	3.41	
				2790	3.45	
25	32	127	2,1	0	0.13	Рассчитать
				30	0.38	
				60	0.60	
				120	0.99	
				300	1.80	
				600	2.75	
				900	3.45	
				960	3.50	

1	2	3	4	5	6	7
26	33	127	2,0	0	0,00	Рассчитать
				30	0,34	
				60	0,52	
				300	2,08	
				900	4,86	
				1800	6,91	
				2700	8,33	
				2820	8,50	
27	34	127	1,6	0	0,00	Рассчитать
				60	0,14	
				300	0,43	
				1200	1,48	
				1800	1,96	
				2700	2,49	
				3300	2,78	
				3600	2,85	
28	37	127	1,8	0	0,03	Рассчитать
				30	0,34	
				60	0,61	
				120	1,13	
				180	1,57	
				300	2,31	
				900	4,63	
				1800	6,20	
29	35	127	2,0	0	0,12	Рассчитать
				10	0,48	
				30	1,07	
				60	1,79	
				120	2,87	
				180	3,71	
				300	4,85	
				320	4,90	
30	36	127	1,7	0	0,05	Рассчитать
				20	0,45	
				60	1,20	
				120	2,11	
				300	4,33	
				600	6,48	
				660	6,78	
				690	6,90	

Задание 13 Определение направления движения подземных вод.

Цель и результаты работы

Цель работы – ознакомление с методами определения направления фильтрационного потока и скорости фильтрации грунтовых вод по карте гидроизогипс.

В результате выполнения работы составляются:

- полевой журнал с единовременными замерами уровня грунтовых вод в скважинах;
- карта гидроизогипс с определением направления и расчётам действительной скорости фильтрации подземных вод.

Основные положения метода

На основе гидрогеологических исследований и режимных стационарных наблюдений составляют гидрогеологические карты различных видов, где показывают распространение водоносных горизонтов четвертичных или коренных отложений, водоупорные породы, минерализацию подземных вод, динамические запасы или водопроницаемость пород. Наиболее часто встречающиеся гидрогеологические карты: гидроизогипс, гидроизопьез, гидроизобат.

Карта гидроизогипс – это карта поверхности грунтовых вод (или межпластовых безнапорных вод) на определённый период времени t (на период изменений). При наличии координат скважин на топографическую карту наносят гидрогеологические скважины, возле которых указывают их номер, абсолютные отметки уровня воды и дату его замера. По методу «треугольника» или путём соединения всех скважин с одинаковой абсолютной отметкой уровня ведут построение гидроизогипс. Гидроизогипсы – это линии, соединяющие точки с одинаковыми абсолютными отметками поверхности безнапорных вод.

По карте гидроизогипс определяют направления движения грунтовых вод. Они всегда перпендикулярно к гидроизогипсам, так как грунтовые воды могут передвигаться только от более высоких отметок к более низким. Линии, по которым передвигаются подземные воды, называются линиями тока.

Зная направление движения грунтовых вод, отмерив по линии расстояние между двумя точками, по карте гидроизогипс на названном участке можно определить уклон потока:

$$i = \frac{\Delta h}{l},$$

где Δh – разность отметок уровней воды в двух точках, м;

l – расстояние между двумя точками измерений, м.

Зная коэффициент фильтрации изучаемых грунтов K , рассчитывается скорость фильтрации потока v , м/сут:

$$v = k * i.$$

Полученная расчётная скорость фильтрации является фиктивной, так как не учитывает реальное сечение потока:

$$v = \frac{Q}{w},$$

где Q – расход воды, протекающей через данное сечение, м³/сут;
 w – площадь поперечного сечения потока, м².

В действительности площадь, через которую происходит фильтрация воды, составляет лишь часть поперечного сечения, зависящего от порового пространства. Поэтому при отнесении расхода воды к части поперечного сечения с учётом реальной пористости пород действительную скорость фильтрации воды в рыхлых породах v_g (м/сут) можно определить по формуле:

$$v_g = \frac{Q}{w * n},$$

где n – пористость, доли ед.

из двух последних уравнений может быть получена зависимость действительной скорости в порах от скорости фильтрации:

$$v_g = \frac{v}{n} \text{ и } v = v_g * n.$$

Так как величина пористости составляет в среднем 0,25-0,40, то скорость фильтрации меньше действительно меньше действительной скорости в порах примерно в 3-4 раза, что особенно важно учитывать для оценки суффозионных процессов.

Существует несколько полевых методов определения действительных скоростей фильтрации. Наиболее распространённым является индикаторный метод, сущность которого сводиться к запуску растворов различных солей или красящих веществ в пусковую скважину и улавливанию их в наблюдательных скважинах. При этом

$$v_g = \frac{L}{T},$$

где L – расстояние между двумя точками, м;

T – время движения воды между этими точками, с или сут.

Из новейших методов определения скоростей фильтрации следует отметить геофизические методы – резистивиметрическое опробование, метод заряженного тела и «меченых» атомов.

Для рыхлых отложений действительная скорость фильтрации обычно мала и для суглинков и супесей определяется величиной от 0,1 м/сут, для песков с коэффициентом фильтрации 25 м/сут – около 1 м/сут, для гравийно-галечных отложений – свыше 1 м/сут. Ориентировочные значения действительной скорости при уклонах порядка $i=0,001-0,01$ приводятся в таблице 42.

Значения действительной скорости фильтрации воды для различных пород

Породы	V_g , м/сут
Закарстованные породы	0-50
Трещиноватые породы	3-20
Пески крупные и галечники	1,5-3
Пески средней крупности	0,5-1
Пески мелкие	0,1-0,5
Супесь и суглинки	Менее 0,1

Порядок выполнения работы

Для выполнения настоящей работы студент может получить один из вариантов задания:

1-й вариант – построение карты гидроизогипс по заданию на построение геологических разрезов;

2-й вариант – построение карты гидроизогипс по натурным режимным наблюдениям в гидрогеологических скважинах на полигоне МГСУ.

1-й вариант задания

Для построения карты гидроизогипс студенты копируют геологическую карту из полученного задания, нанося только рамку, русло реки, места расположения скважин и их номера (слева от кружка), покрывающих первый от поверхности безнапорный водоносный горизонт, в виде псевдодробь записывают: в числителе – абсолютную отметку устья скважины, в знаменателе – абсолютную отметку уровня воды. Гидроизогипсы в виде синей пунктирной линии проводят методом интерполяции через 2 м, если разность отметок абсолютных высот поверхности горизонта превышает 30 м, их проводят через 5 м.

По построенной карте гидроизогипс определяют:

- направление движения грунтовых вод путём проведения нормали к двум гидроизогипсам, в сторону меньших значений абсолютных отметок. Направление движения показывают на всём изученном участке и особое внимание обращают на зоны, где оно изменяется;

- величина уклона подземных вод и изменения в уклоне на различных участках $i=(h_1-h_2)/l$, где h_1 – абсолютная отметка воды в одной точке; h_2 – то же в другой точке; l – расстояние между этими точками;

- глубину залегания грунтовых вод в любой точке (разность между отметками поверхности земли и уровня воды);

- связь грунтовых вод с поверхностными водами: если гидроизогипсы пересекают водоём без искривлений, связь между водоёмом и грунтовыми водами отсутствует; если же гидроизогипсы у водоёма изгибаются вниз по течению, то грунтовые воды разгружаются в водоём, а если вверх, то питаются поверхностными водами.

Карта гидроизогипс должна быть надлежаще оформлена и содержать название (над картой), масштаб карты (под названием), условные обозначения (под картой или справа от карты), штамп (в правом нижнем углу).

2-й вариант задания

1. Студент должен ознакомиться с режимной сетью наблюдательных скважин – пьезометрами, служащей для построения карты гидроизогипс и определения направления подземного потока.
2. Нанести скважины по координатам на план в масштабе 1:1000 и около них выписать отметки устья скважины и отметки уровней воды.
3. Отнивелировать устья скважин по вбитому до уровня земли колышку (отметки скважин могут быть относительными). Можно использовать отметки скважин по архивным данным.
4. Измерить уровни воды в скважинах одновременно в возможно короткий промежуток времени с точностью 0,5-1 см. Для замера уровней можно использовать хлопушку, переносную рейку или электрический уровнемер. Все измерения занести в полевой журнал, форма которого приведена в таблице 43.

Таблица 43

Журнал наблюдений за уровнем подземных вод по пьезометрам

Номер скважины	Абс. отметка устья скважины, м	Сведения о воде	
		Дата измерения	Глубина залегания воды, м
1	151,0	15.06.2013	2,3
2			

5. На плане масштаба 1:1000 провести гидроизогипсы, соединив точки с одинаковыми отметками уровней воды с шагом 0,2-0,5 м. Построение гидроизогипс провести по тем же правилам, что и горизонталей (рис.60).
6. Описать сущность метода и задания, привести полевой и графический материалы. По карте гидроизогипс проанализировать и описать направление движения грунтового потока, определить места минимальных и максимальных уклонов. Рассчитать для них уклоны $J_{\min}$ и $J_{\max}$. Проанализировать очертания гидроизогипс в плане, степень их сгущения и связь с поверхностными водотоками, водоёмами и заболоченными участками, определить область питания и разгрузки грунтового потока.

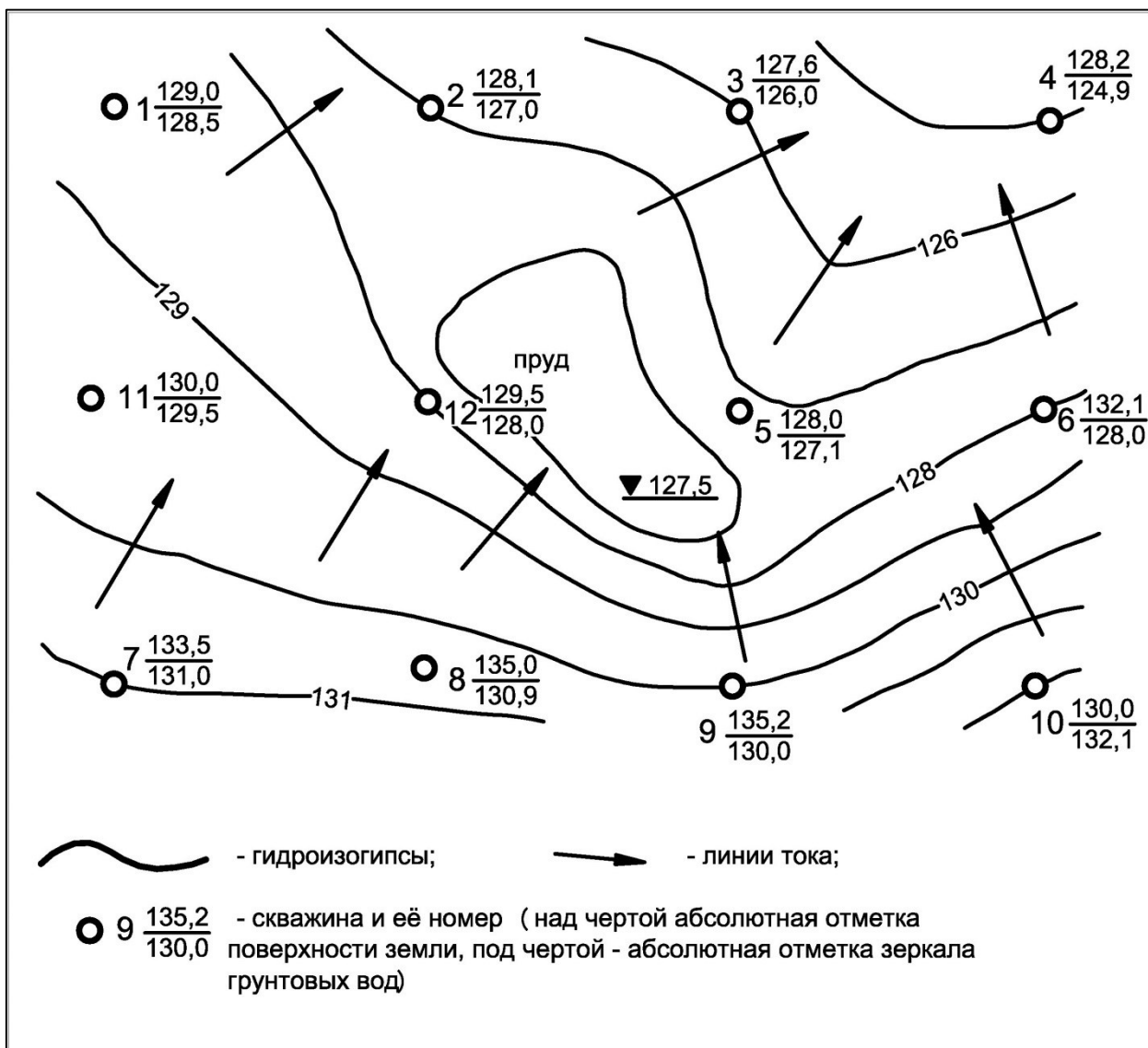


Рис. 60. Карта гидроизогипс. Масштаб 1:1000

7. В местах с расчленёнными уклонами грунтовых вод ($J_{\min}$ и $J_{\max}$) определить скорость фильтрации и действительную скорость фильтрации. Для этого по фоновым материалам изучить геологический разрез, пористость и коэффициент фильтрации.

8. По согласованию с преподавателем кроме карт гидроизогипс для того же участка составить карту изобат – линий, соединяющих точки одинаковых глубин залегания грунтовых вод.

Если студентами используется пьезометрическая сеть, оборудованная не на грунтовые воды, а на межпластовые – напорные, то задание аналогично рассмотренному выше. Оно сводится к построению карты гидроизопьез – линий, соединяющих точки с одинаковыми отметками пьезометрического уровня.

Если студенты работают на участке, где отсутствует режимная пьезометрическая сеть и карту гидроизогипс получить нельзя, то направление движения грунтовых вод определить по уровням воды в трёх скважинах, заложенных в вершинах треугольника. Это самый простейший

способ определения направления потока грунтовых вод – способ треугольника. Длина сторон треугольника обычно 50-100 м, но может быть и больше в случае небольших уклонов потока.

III.3. Лабораторные методы исследования грунтов

Лабораторные исследования грунтов следует выполнять с целью определения их состава, состояния, физических, механических, химических, свойств для выделения классов групп, подгрупп, типов, видов и разновидностей в соответствии с ГОСТ 25100-2011, определения их нормативных и расчётных характеристик, выявления степени однородности (выдержанности) грунтов по площади и глубине, выделения инженерно-геологических элементов, прогноза изменения состояния и свойств грунтов в процессе строительства и эксплуатации объектов.

В зависимости от свойств грунтов, характера их пространственной изменчивости, а также целевого назначения инженерно-геологических работ (уровня ответственности сооружения, его конструктивных особенностей, стадии проектирования и др.) в программе изысканий рекомендуется устанавливать систему опробования путём соответствующего расчёта.

Отбор образцов грунтов из горных выработок и естественных обнажений, а также их упаковку, доставку в лабораторию и хранение следует производить в соответствии с ГОСТ 12071-2000.

Образцы для лабораторных исследований отбираются из шурфов и буровых скважин для каждой литологической разности образцы, находящихся в том или ином состоянии.

В лабораторию образцы грунтов доставляют в виде монолитов или рыхлых проб. Монолиты – это образцы грунтов с ненарушенной структурой. Такие монолиты отбираются в скальных и связных (пылевато-глинистых) грунтах. Размеры монолитов должны быть не меньше установленных норм. В монолитах пылевато-глинистых грунтов должна быть сохранена природная влажность. Это достигается созданием на их поверхности водонепроницаемой парафиновой или восковой оболочки. В рыхлых грунтах образцы отбираются в виде проб определённой массы.

Выбор вида и состава лабораторных определений характеристик грунтов следует производить в соответствии с обязательным приложением «М» в СП 11-105-97 (см. таблицу 44, приведённую ниже) с учётом вида грунта, этапа изысканий (стадии проектирования), характера проектируемых зданий и сооружений, условий работы грунта при взаимодействии с ними, а также прогнозируемых изменений инженерно-геологических условий территории (площадки, трассы) в результате её освоения.

При соответствующем обосновании в программе изысканий следует выполнять специальные виды исследований, методы проведения которых не указаны в приложении М, но используются в практике изысканий для оценки и прогнозирования поведения грунтов в конкретных природных и техногенных условиях (методы определения механических свойств грунтов

при динамических воздействиях, характеристик ползучести, тиксотропии, типа и характера структурных связей и др.).

Таблица 44

Виды лабораторных определений физико-механических свойств грунтов при инженерно-геологических изысканиях

Лабораторное определение	Грунты				Обозначение государственного стандарта на методы определения свойств грунтов
	Скальные	Крупно-обломочные	Песчаные	Глинистые	
Гранулометрический состав	-	+	+	С	12536-79
Петрографический состав	С	С	-	-	-
Минеральный состав	-	С	С	С	-
Валовой химический состав	С	-	С	С	-
Суммарное содержание легко- и средне-растворимых солей	С	С	С	С	-
Емкость поглощения и состава обменных катионов	-	-	-	С	-
Относительное содержание органических веществ	-	С	С	С	23740-79
Природная влажность	С	+	+	+	5180-84
Плотность	+	+	+	+	5180-84
Максимальная плотность (стандартное уплотнение)	-	С	С	С	22733-2002
Плотность в предельно плотном и рыхлом состоянии	-	С	С	-	-
Плотность частиц грунта	-	+	+	+	5180-84

Границы текучести и раскатывания	-	С	-	+	5180-84
Угол естественного откоса	-	-	С	-	-
Максимальная молекулярная влагоёмкость	-	-	С	С	-
Коэффициент фильтрации	-	-	С	С	25584-90
Размокаемость	С	-	-	С	-
Растворимость	С	-	-	-	-
Коэффициент выветрелости	С	С	-	-	-
Коррозионная активность	-	-	С	С	-
Компрессионное сжатие	-	С	С	+	12248-96
Трехосное сжатие	-	С	С	+	12248-96
Сопротивление срезу (прочность)	-	С	С	+	12248-96
Сопротивление одноосному сжатию	+	С	-	С	12248-96
Лабораторные испытания. Общие положения	+	+	+	+	30416-96

Обозначения: “+” - определения выполняются;

“-” - определения не выполняются;

“С” - определения выполняются по дополнительному заданию

III.3.1. Определение гранулометрического состава песчаного грунта ситовым методом

Классификация песчаных грунтов основана на оценке величин параметров их физических характеристик. Песчаные грунты подразделяются на типы по гранулометрическому составу и по степени неоднородности гранулометрического состава; на виды – по плотности сложения и по относительному содержанию органических веществ; на разновидности – по степени влажности, по степени засоленности и т.д.

Гранулометрическим составом грунта называется относительное содержание в нём по массе частиц различной крупности (фракций), выраженное в процентах по отношению к массе сухой пробы взятой для анализа.

К песчаным относятся обломочные, сыпучие в сухом состоянии грунты, содержащие по массе не менее 50% частиц крупнее 2 мм.

Тип крупнообломочных и песчаных грунтов устанавливается по таблице Б.9 – обязательного приложения Б ГОСТ 25100-2011, приведённой ниже (таблица 45).

Таблица 45

Классификация крупнообломочных и песчаных грунтов по гранулометрическому составу

Разновидность грунтов	Размер зерен, частиц d , мм	Содержание зерен, частиц, % по массе
Крупнообломочные: валунный (при преобладании неокатанных частиц — глыбовый) — галечниковый (при неокатанных гранях — щебенистый) гравийный (при неокатанных гранях — дресвяный)	>200 >10 >2	>50 >50 >50
Пески: гравелистый крупный средней крупности мелкий пылеватый	>2 >0,50 >0,25 >0,10 >0,10	>25 >50 >50 ≥75 <75

Для установления наименования грунта по крупности в соответствии с данной таблицей необходимо последовательно просуммировать проценты содержания частиц исследуемого грунта: сначала крупнее 200 мм, затем крупнее 10 мм, далее – крупнее 2 мм и т.д. Наименование грунта даётся по первому удовлетворяющему показателю в порядке расположения наименований сверху вниз.

Гранулометрический состав песчаных грунтов определяется ситовым методом без промывки водой, если они имеют слабую связь между зёрнами после просушки (агрегаты разрушаются от давления кольцом), или с промывкой водой, при более сильной связи между зёрнами, с последующим

применением ариометрического метода для выявления содержания пылеватых и глинистых частиц.

Для определения гранулометрического состава песчаных грунтов ситовым методом необходимо следующее оборудование: набор сит (рис.61) с размером отверстий: 10; 5; 2; 0,5; 0,25; 0,1 мм с поддоном и крышкой; весы лабораторные; фарфоровая чашка-ступка; пестик с резиновым наконечником; нож; сушильный шкаф; резиновая груша, кисточка для сметания частиц с сит, бюксы.

Среднюю пробу грунта для ситового анализа следует отбирать методом квантования. Для этого предварительно высушив песок в сушильном шкафу, охладить до комнатной температуры и высыпать тонким слоем на лист плотной бумаги. Затем с помощью ножа делят его на четыре части и из каждой отбирают порции песка в фарфоровую чашку. Масса средней пробы должна составлять:

- для грунта, не содержащего частиц крупнее 2мм – 100г;
- грунта, содержащего свыше 30% частиц крупнее 2мм – не менее 2000г.

После этого собирают в колонку комплект сит, размещая их от поддона вверх в порядке увеличения отверстий от 0,1 до 10 мм.



Рис.61. Набор сит для определения гранулометрического состава.

Взвешиванием устанавливают массу пробы грунта, приготовленной для ситового анализа (m_0). Высыпают пробу грунта на верхнее сито колонки, закрывают крышкой и приступают к просеиванию ручным способом путём встряхивания сит с лёгким боковым постукиванием ладонями рук и

механизированным – на виброплатформе. Просеивание при ручном способе проводится не менее 15 минут, а при механизированном – 10 мин.

Фракции грунта, оставшиеся на ситах поочерёдно, начиная с верхнего, высыпают в фарфоровую чашку-ступку и дополнительно растирают пестиком с резиновым наконечником, после чего вновь просеивают над листом бумаги, пока зёрна не перестанут падать через сито. Выпавшие зёрна ссыпают на следующее сито с меньшими отверстиями. Фракции, задерживающиеся после просеивания на каждом сите и прошедшие в поддон, взвешивают с точностью до 0,01 г (m_i).

Проводят суммирование массы всех фракций и сумму ($\sum m_i$) сравнивают с массой пробы грунта взятой на анализ (m). Отклонение значений указанных масс грунта не должно превышать 1%. Потерю грунта при просеивании разносят по всем фракциям пропорционально их массе. При отклонении суммы масс отдельных фракций более чем на 1% от массы пробы, взятой для анализа, следует повторить анализ с новой пробой.

Содержание в грунте каждой фракции зёрен (χ) с точностью до 0,1% вычисляют по формуле:

$$\chi = \frac{m_i}{m_o} * 100;$$

где m_i – масса фракции зёрен, г;

m_o – масса взятой для анализа сухой пробы грунта, г.

Результаты анализа записывают в журнал (таблица 46):

Таблица 46

Журнал определения гранулометрического состава

Показатели	Размер фракций, мм							
	>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1
m_i								
χ								

По результатам ситового анализа вычисляют суммарное содержание в % всех фракций, начиная с фракции менее 0,1 мм и заканчивая фракцией менее 10 мм. По этим данным строится график гранулометрического состава (рис.62). На графике по оси абсцисс в логарифмическом масштабе откладываются значения диаметров частиц (мм), а по оси ординат – суммарное содержание (%) всех частиц меньше принятых диаметров (от 0,1 до 10 мм), начиная с самой мелкой фракции.

По полученной кривой гранулометрического состава определяют коэффициент неоднородности песка по формуле:

$$C_v = \frac{d_{60}}{d_{10}},$$

где d_{60} и d_{10} – размеры зёрен, меньше которых в данном песке содержится, соответственно, 60 и 10% зёрен по массе.

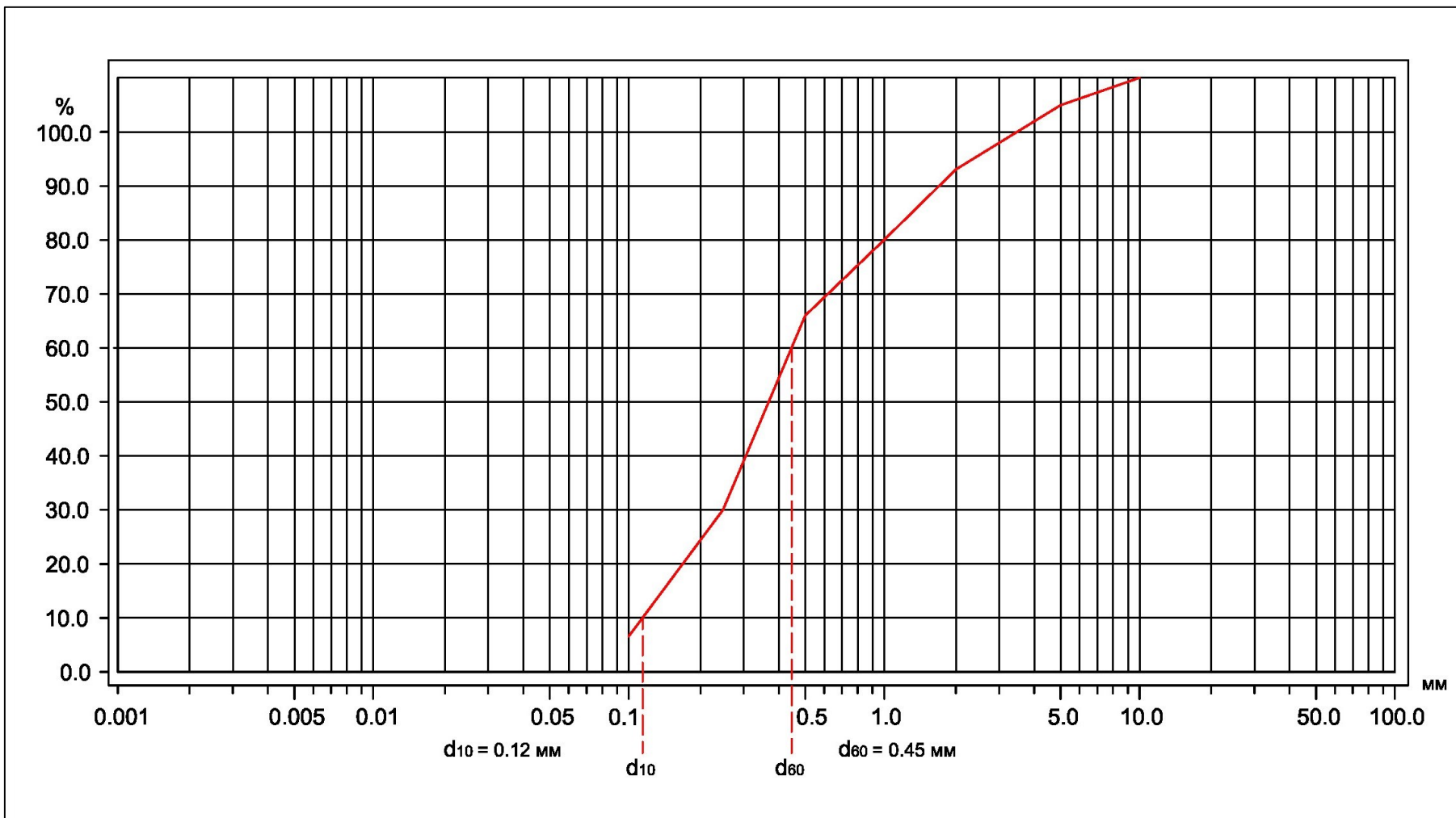


Рис. 62. График гранулометрического состава.

Значения d_{60} и d_{10} определяют путём опускания перпендикуляров на ось абсцисс из точек пересечения горизонтальных линий, соответствующих суммарному содержанию фракций 60% и 10% с кривой гранулометрического состава (рис.62). При значении $C_v \leq 3$ грунт называется однородным, а при $C_v > 3$ – неоднородным.

Задание 14. Определить наименование песчаного грунта по результатам ситового анализа

В лаборатории был проведён рассев песка с помощью грунтоведческих сит с последующим определением массы каждой фракции. Результаты взвешивания фракций приведены в таблице 47.

Необходимо определить гранулометрический состав песка и установить к какой разновидности по крупности в соответствии с ГОСТ 25100-95 он относится и какова его однородность.

Рекомендуется следующий порядок выполнения задания:

1. Определить массу образца грунта, использованного для отсева.
2. Провести расчёт гранулометрического состава песка и его результаты представить в виде таблицы 46.
3. Построить график гранулометрического состава песка.
4. Определить значения диаметров частиц d_{10} и d_{60} .
5. Рассчитать коэффициент неоднородности песка.
6. Используя таблицу 45 и результаты расчёта гранулометрического состава песка, дать его наименование по крупности.
7. Дать полное наименование песку по крупности и неоднородности.

Пример оформления задания приведён в приложении 14

Таблица 47

Результаты отсева проб песка по фракциям

N варианта	Масса фракции зёрен песка, г (m_i)							
	>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1
1	212,8	35,15	23,75	24,7	96,9	304,0	203,3	49,4
2	-	-	29,7	148,5	117,7	139,7	90,2	24,2
3	-	-	-	0,2	6,0	108,4	74,0	11,4
4	-	-	-	0,25	0,5	38,0	170,5	20,0
5	-	-	1,25	1,5	3,5	105,5	118,0	20,25
6	153,0	35,7	36,55	19,6	120,7	249,05	133,45	73,95
7	7,7	28,05	37,4	54,45	184,25	177,1	42,9	18,15
8	39,9	14,0	12,6	9,1	90,3	413,0	91,0	30,1
9	-	3,0	8,4	18,6	44,4	219,6	235,8	58,2
10	-	3,0	13,0	22,0	59,0	286,0	96,0	21,0
11	25,3	48,95	66,0	61,6	139,15	150,7	39,6	18,7
12	-	5,2	7,8	13,0	19,5	386,1	187,2	31,2
13	3,0	7,5	15,0	17,25	158,25	384,0	138,0	27,0
14	-	4,0	1,0	1,0	31,0	153,5	262,5	47,0
15	-	-	-	1,2	1,2	36,6	235,8	25,2

16	76,5	60,0	187,5	96,0	91,5	207,0	18,0	12,0
17	6,5	11,5	70,0	52,5	117,0	198,5	14,0	29,5
18	71,4	25,2	31,5	26,6	88,9	229,6	156,8	70,0
19	52,65	7,15	3,25	16,9	31,2	211,25	265,85	61,75
20	137,7	36,0	37,8	95,4	141,3	227,7	31,5	27,0
21	100,8	100,0	126,4	48,8	131,2	237,6	32,0	8,0
22	29,25	20,15	58,5	126,1	135,2	183,95	38,35	58,5
23	-	5,4	14,4	27,0	60,6	237,6	196,8	58,2
24	33,0	3,0	5,25	6,0	16,5	295,5	319,5	71,25
25	-	34,45	99,0	68,2	118,25	195,25	5,85	11,0

III.3.2. Определение влажности грунтов

Вода является одним из компонентов, составляющих грунт наряду с твёрдой, газообразной фазами и биотой, и определяет состояние этого грунта, его физические и механические свойства, что позволяет классифицировать грунты по типу, видам и разновидностям.

Влажность грунта характеризуется количеством воды, которая удаляется из него высушиванием при температуре 100-105 °С до его постоянного веса. Влажность грунта в условиях его естественного залегания называется природной или естественной. Величина природной влажности грунта влияет на его физическое состояние и обуславливает значение прочностных и деформационных показателей. Влажность грунта учитывается при оценке плотности его сложения в сухом состоянии, т.е. позволяет судить о его пористости; установление определённых диапазонов влажности для связных грунтов (влажность на границе раскатывания и влажность на границе текучести) позволяет определить их тип (супесь, суглинок, глина), а знание природной влажности даёт возможность судить о состоянии связного грунта по консистенции (от твёрдой до текучей консистенции), способность нескальных грунтов по-разному уплотняться при различных влажностях позволяет найти её оптимальное значение, при котором грунт уплотняется в большей степени при минимальных энергетических затратах.

Различают весовую (W), объёмную (W_v) и относительную влажность (коэффициент водонасыщения) S_r . Весовая влажность грунта – отношение массы воды (m_v), удалённой из образца при высушивании, к массе образца сухого грунта ($m_{с.г.}$), выраженное в долях единицы или процентах. Объёмная влажность грунта – отношение объёма воды (V_v), содержащейся в грунте, к объёму всего грунта (V_r), выраженное в долях единицы или процентах. Объёмную влажность грунта W_v можно рассчитать, зная весовую влажность W и плотность скелета грунта ρ_d по формуле:

$$W_v = W \times \rho_d$$

Относительная влажность грунта, которая называется также коэффициентом водонасыщения или степенью влажности – отношение

массы воды в грунте (m_v) к объёму пор, выраженное в долях единицы. Величина относительной влажности обычно изменяется от нуля (сухой грунт) до единицы (полностью водонасыщенный грунт). В соответствии с ГОСТ 25100-2011 выделяют следующие разновидности песчаных грунтов по степени водонасыщения (S_r): от 0 до 0,5 – малой степени водонасыщения, более 0,5 до 0,8 – средней степени водонасыщения и более 0,8 до 1,0 – насыщенные водой.

Относительную влажность грунта S_r можно рассчитать по формулам:

$$S_r = \frac{W \times \rho_d}{n \times \rho_v};$$

$$S_r = \frac{W \times \rho_s}{e \times \rho_v};$$

$$S_r = \frac{W \times \rho_s(1 - n)}{n \times \rho_v};$$

где W – весовая влажность, доли единицы;

n – пористость, доли единицы;

e – коэффициент пористости, доли единицы;

ρ_d – плотность скелета, г/см³;

ρ_s – плотность минеральных частиц, г/см³;

ρ_v – плотность воды, г/см³.

Влажность можно определять как в лаборатории, так и в полевых условиях, используя прямые или косвенные методы оценки наличия воды в грунте.

Чаще всего влажность определяют в лабораторных условиях прямым способом оценки количества воды в грунте. Этот метод получил название термостатного.

Для определения влажности грунта этим методом необходимо следующее оборудование: сушильный шкаф с автоматическим терморегулятором и контрольным термометром; бюксы; лабораторные весы, обеспечивающие точность взвешивания не менее 0,1 % от массы взвешиваемой пробы грунта; эксикатор с обезвоженным хлористым кальцием, поглощающим пары воды при остывании в нём бюксов с грунтом после сушки; щипцы для переноса бюксов с грунтом из сушильного шкафа эксикатор; шпатель.

Величина навески грунта для определения влажности выбирается в зависимости от его вида. Для связных грунтов (супесь, суглинок, глина) минимальная навеска составляет 10 г, для песков – 25 г, а для крупнообломочных грунтов – от 200 г до 3000 г в зависимости от их крупности.

Определение влажности предполагает последовательное выполнение следующих операций:

1. Взвешивание бюкса грунта для определения его массы с крышкой (m_0 , г);

2. Размещение пробы грунта в бюксе, закрытие крышки и взвешивание бюкса с влажным грунтом (масса m_1 , г).

3. Открывают крышку взвешенного с грунтом бюкса и ставят в сушильный шкаф с температурой 100-105 °С.

Первичное высушивание связных грунтов проводится в течение 5 часов, а песчаных и крупнообломочных – 1-2 часа.

4. По окончании высушивания в сушильном шкафу бюкс с грунтом закрывают крышкой и охлаждают до комнатной температуры воздуха в эксикаторе. Охлаждённый бюкс с грунтом взвешивают и определяют его массу m_2^i , г.

5. Открывают крышку бюкса с подсушенным грунтом и ставят его вновь в сушильный шкаф на 2 часа для дальнейшего высушивания.

Операции, описанные в пунктах 3 и 4, повторяют до тех пор, пока разница между массами взвешенного бюкса с сухим грунтом не будет превышать 0,2%. Для расчёта влажности грунта выбирают наименьшее значение массы бюкса с сухим грунтом (m_2 , г).

6. Рассчитывают влажность грунта W (в долях единицы) по формуле:

$$\frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0}.$$

Для установления влажности грунта параллельно проводятся не менее двух определений, по ним определяется среднее значение влажности, которое и считают влажностью пробы грунта:

$$\frac{W_1 + \dots + W_n}{n}.$$

Результаты взвешиваний при проведении работ заносят в журнал, пример которого приводится ниже в виде таблицы 48.

Таблица 48

№ определения	№ бюкса	Масса бюкса, m_0 , г	Масса бюкса с влажным грунтом m_1 , г	Масса бюкса с подсушенным грунтом m_2^i , г	Масса бюкса с сухим грунтом m_2 , г
1	038	32, 73	63,86	58,29 58,22 58,19	58,19

Задание 15. Определение влажности и состояния по степени водонасыщения песчаного грунта.

При создании искусственного основания из песчаного грунта проводились режимные наблюдения за изменением его влажности с целью установления момента, когда достигается её оптимальное значение, при котором достигается наибольшее уплотнение грунтов при его укатке катками. Для этого отбирались пробы грунта ненарушенной структуры, и для каждой из них проводилось по три определения влажности. По данным,

приведённым в таблице 49, рассчитать влажность пробы песка и дать его наименование по степени влажности, используя приведённые выше сведения о порядке определения влажности и формулы.

Порядок выполнения задания

1. Для каждого из трёх определений влажности пробы рассчитать их влажность.
 2. Определить влажность пробы как среднеарифметическое значение из трёх определений.
 3. Рассчитать степень влажности грунта.
 4. Дать наименование грунта по степени влажности.
- Результаты выполнения работы оформить в виде таблицы 50.

Таблица 49

Результаты взвешивания бюксов при высушивании грунта
(варианты заданий)

№ варианта (пробы)	№ определе ния влажности пробы	Масса бюкса g_0 , Г	Масса бюкса с влажны м грунтом g_1 , Г	Масса бюкса с сухим грунтом g_2 , Г	Примечание	
					Плотност ь частиц грунта ρ_s , г/см ³	Коэффициен т пористости грунта e , д.е.
1	1	27,63	59,67	56,59	2,66	0,535
	2	25,96	55,98	53,04		
	3	26,14	61,17	57,73		
2	1	25,73	56,18	51,08	2,66	0,578
	2	24,96	67,35	60,14		
	3	25,51	65,12	58,35		
3	1	26,18	67,85	66,29	2,64	0,626
	2	27,00	65,38	63,87		
	3	26,44	66,04	64,41		
4	1	25,98	70,15	64,90	2,66	0,575
	2	26,03	68,76	63,61		
	3	26,12	69,39	64,11		
5	1	27,11	58,47	52,84	2,66	0,592
	2	26,83	59,31	53,43		
	3	26,45	60,05	53,92		
6	1	26,17	58,67	56,01	2,65	0,557
	2	26,28	63,75	60,75		
	3	26,22	60,56	57,00		
7	1	25,98	65,03	63,78	2,64	0,617
	2	26,23	63,76	62,49		
	3	26,02	62,58	61,28		

Продолжение табл. 49

8	1	26,17	65,47	59,31	2,65	0,688
	2	26,26	64,18	57,99		
	3	26,51	66,39	59,99		
9	1	27,03	61,73	60,27	2,65	0,569
	2	26,92	63,82	62,40		
	3	26,75	64,03	62,53		
10	1	26,37	69,78	62,54	2,65	0,695
	2	26,44	68,13	61,83		
	3	26,52	68,77	61,96		
11	1	26,32	67,27	59,03	2,67	0,688
	2	26,71	66,15	57,91		
	3	26,49	63,79	56,14		
12	1	27,11	69,11	65,54	2,65	0,565
	2	26,93	68,06	64,46		
	3	26,87	67,87	64,18		
13	1	27,03	69,46	62,42	2,65	0,528
	2	26,89	70,18	65,78		
	3	27,11	71,25	64,05		

Таблица 50

Результаты оценки влажности грунта

№ вариант а (пробы)	№ опыта по определению влажности пробы	Масса воды ($m_1 - m_2$), г	Масса сухого грунта ($m_2 - m_0$), г	Влажность грунта по опытам W_i , д.е.	Влажность пробы W , д.е.	Степень влажности и S_r , д.е.	Наименование песка по степени влажности
	1						
	2						
	3						

III. 3.3. Определение плотности сложения грунтов.

Плотность грунта является важным показателем физических свойств грунта, определяющим его структурно-текстурные особенности и инженерно-геологические свойства.

В общем случае грунт можно рассматривать как многокомпонентную среду, состоящую из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. В некоторых грунтах может присутствовать еще одна фаза, представленная биотой, но ее доля в грунте, как правило, невелика.

Если грунт состоит только из твердой фазы ($V_r = V_s$) и при этом он многоминерален, то его плотность соответствует отношению массы

минерального вещества (m_s), слагающего этот грунт к объему грунта и обозначается ρ_s .

Для полиминерального грунт а плотность может быть рассчитана с учетом минерального состава и соответствующего процентного состава минералов, образующих данный грунт.

Если в грунте имеются пустоты (поры, каверны, трещины), то они могут быть заполнены частично или полностью водой. В этом случае отношение массы влажного образца (m) к его объему (V) называют объемной плотностью грунта или плотностью грунта при природной влажности (ρ). При этом чем больше пустот в грунте заполнено водой, тем больше будет его объемная плотность и то давление, которое грунт может оказывать на сооружение (например, боковое давление на подпорную стенку или давление на свод надземного сооружения).

Несмотря на различную объемную плотность грунт может иметь одну и ту же пористость. Уплотнение грунта от нагрузки, т.е. его деформация, происходит за счет уменьшения его пористости, при этом увеличивается площадь контактов между частицами, что приводит к росту прочностных характеристик грунта.

В связи с этим, для оценки качества упаковки твердой фазы в грунте используют показатель, который называется плотностью скелета грунта (ρ_d) и представляющий собой отношение массы сухого грунта (m_s) к объему этого грунта ($V_\Gamma = V_s + V_\Pi$). Зная влажность грунта, его плотность можно рассчитать через значение объемной плотности по формуле:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W} ,$$

где W – влажность грунта в д.е.

Зная плотность минеральных частиц, слагающих грунт (ρ_s), и плотность скелета грунта можно рассчитать коэффициент пористости грунта

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

По этому показателю судят о пустотности грунта, т.е. возможности его доуплотнения при механических воздействиях на грунт.

Песчаные грунты в зависимости от их крупности по коэффициенту пористости в соответствии с ГОСТ 25100-2011 делятся в соответствии с ниже приведенной таблицей 51.

Таблица 51

Разновидности песков по плотности сложения

Разновидность песков по плотности	Коэффициент пористости, e		
	Крупность песков		
	гравелистые, крупные, средней	мелкие	пылеватые

Плотные	<0,55	<0,60	<0,60
Средней плотности	0,55-0,70	0,60-0,75	0,60-0,80
Рыхлые	>0,70	>0,75	>0,80

В лабораторных условиях объемная плотность грунта определяется для монолитов, т.е. грунтов ненарушенной структуры, которые отбираются при проходке буровых скважин в виде керна, запарафинированного или помещенного в полиэтиленовый пакет, или в виде вырезанного и запарафинированного монолита при проходке шурфов и др. горных выработок.

Для определения объемной плотности грунта используют метод режущего кольца или метод гидростатического взвешивания.

Применение метода режущего кольца требует наличия следующего оборудования:

- тонкостенных (толщина стенок 0,5-1,5 мм) колец, состоящих из рабочей части и насадки, снабженных направляющей подставкой для недопущения переносов кольца при задавливании их в грунт. Диаметр колец зависит от исследуемого грунта. Так для связных грунтов он должен быть не менее 50 мм, для песков от пылеватых до средней крупности не менее 70 мм, а для более крупных песков – не менее 100 мм. Высота кольца должна быть в диапазоне от 0,5 D до 1,0 D;

- гладкие пластинки размером больше диаметра кольца для его покрытия после зачистки грунта;

- нож с прямым лезвием, длина которого должна быть больше диаметра кольца;

- оборудование для определения влажности грунта (см. раздел III.3.2);

- штангенциркуль.

Последовательность выполнения работ при определении объемной плотности следующая.

1. Проводят измерения внутреннего диаметра и высоты рабочей части режущего кольца с помощью штангенциркуля и рассчитывают его объем (V) с точностью до 0,01 мм.

2. Выравнивают ножом поверхность монолита грунта.

3. Надевают на рабочую часть режущего кольца насадку и ставят его на выровненную поверхность грунта. При вырезании образца из песчаных грунтов до установки режущего кольца при задавливании в грунт.

4. Проводят задавливание режущего кольца в грунт до его полного заполнения. При опробовании режущим кольцом связных грунтов проводят

предварительные операции по вырезанию ножом столбика грунта высотой до 2 см и диаметром на 1 мм превышающим внешний диаметр режущего кольца с последующим нажатием на насадку, повторяя эти операции до заполнения кольца грунтом.

5. Снимают насадку и зачищают верхнюю поверхность рабочей части режущего кольца, освобождая ее от грунта до уровня торца кольца. Накрывают приготовленной пластинкой.

6. Подрезают режущее кольцо примерно на 1 см ниже его режущей кромки, переворачивают на накрытую пластиной поверхность, придерживая второй пластинкой грунт у режущей кромки.

7. Срезают излишки грунта в режущем кольце до торца режущей кромки. Зачищают наружную поверхность кольца и пластины от грунта.

8. Высыпают грунт на весы и определяют его массу (m).

9. Рассчитывают объемную плотность влажного грунта.

10. Для определения плотности скелета необходимо знать влажность грунта, поэтому, выполняя операции, описанные в разделе III.3.2 проводят ее определение.

11. Рассчитывают плотность скелета грунта.

Задание 16. Определение плотности скелета грунта.

Для монолитов грунтов, доставленных в лабораторию, были проведены все операции, необходимые для определения их плотности. Результаты этих работ приведены в таблице 52.

Необходимо провести обработку результатов этих работ, рассчитать плотности грунта и определить разновидность грунта по плотности сложения в соответствии с ГОСТ 25100-2011, используя значение коэффициента пористости.

Таблица 52

Исходные данные для определения плотности сложения песков

№ варианта	Разновидность песка по гранулометрическому составу	Плотность минеральных частиц ρ_s , г/см ³	Влажность образца W , д.е.	Параметры режущего кольца		Масса влажного грунта m , г.
				диаметр d , мм	высота h , мм	
1	пылеватый	2,67	0,196	70,08	41,35	100,02
2	мелкий	2,67	0,126	71,12	43,27	95,76
3	средней крупности	2,65	0,096	70,86	42,39	106,42

4	крупный	2,66	0,130	112,37	71,15	455,94
5	гравелистый	2,65	0,162	114,05	72,08	489,87
6	пылеватый	2,66	0,202	71,53	4058	103,30
7	мелкий	2,65	0,052	71,48	41,67	94,22
8	средней крупности	2,65	0,069	72,06	41,54	99,23
9	крупный	2,65	0,044	111,98	72,08	440,62
10	пылеватый	2,64	0,154	71,37	42,15	103,58
11	мелкий	2,65	0,08	71,87	42,09	91,31
12	мелкий	2,66	0,104	70,95	41,38	102,60
13	средней крупности	2,67	0,104	71,76	41,74	102,09

Рекомендуется следующий порядок выполнения задания:

1. Рассчитать объем режущего кольца, с точностью до 0,01 см³.
2. Определить плотность грунта при естественной влажности (ρ).
3. Рассчитать плотность скелета грунта (ρ_d), зная его плотность при естественной влажности (ρ) и значение влажности (W) по формуле:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W},$$

где W – влажность грунта в д.е.

4. Рассчитать коэффициент пористости грунта (e) по формуле:
- 5.

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

6. Используя ГОСТ 25100-2011 (см. таблицу 51, приведенную выше) и величину рассчитанного значения коэффициента пористости (e), определить разновидность песка по плотности сложения.

7. Результаты выполнения задания представить в виде таблицы 53.

Результаты оценки плотности сложения песчаного грунта

Разновидность песка по гранулометрическому составу	Объём режущего кольца а V, см ³	Масса влажного грунта а m, г	Объёмная плотность ρ, г/см ³	Влажность пробы W, д.е.	Плотность скелета а грунта ρ _d , г/см ³	Коэффициент пористости е	Разновидность песка по плотности

III.3.4 Оценка степени плотности песков

Деформируемость и сжимаемость грунтов от внешних нагрузок без разрушения их твёрдой компоненты происходит за счёт уменьшения пустот между частицами, слагающими грунт, и которые называются порами. Пористость – это суммарный объём всех пустот в единице объёма грунта независимо от их размера и взаимосвязи. Величина пористости устанавливается по отношению объёма пустот (V_N) к общему объёму грунта (V) и называют общей пористостью грунта (n). Отношение объёма пустот (V_N) в грунте к объёму занимаемому твёрдыми частицами грунта (V_s) называют коэффициентом пористости (e).

При инженерно-геологических исследованиях пористость (n) и коэффициент пористости (e) устанавливается расчётным путём по формулам:

$$n = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s}$$

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

где ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³;

ρ_d – плотность скелета грунта, г/см³.

Коэффициент пористости изменяется в широких пределах и, как правило, не превышает единицы, однако, для слабоуплотнённых глинистых грунтов он может быть больше единицы. Эти показатели используются при классификации грунтов по плотности сложения, при выборе расчётных сопротивлений грунтов, построением компрессорных кривых, вычислении характеристик сжимаемости грунтов.

Пористость песчаных грунтов меняется от минимального значения, когда слагающие песок зёрна максимально плотно упакованы, до максимального значения, при их максимально рыхлом сложении. Величина диапазона изменения пористости песков и значения минимальной и максимальной пористости зависит от гранулометрического состава песков, их неоднородности, формы зёрен песков (окатанность) и характера их

поверхности (шероховатости) . В связи с этим по величине пористости или коэффициента пористости нельзя судить о степени уплотнения песчаных грунтов даже при одной и той же крупности.

При оценке песчаных грунтов как основания сооружений или материала земляных сооружений (плотин, дамб) необходимо знать качество их укладки, то есть имеет возможность судить о степени завершённости уплотнения песка. В качестве такого показателя в инженерно-геологической практике принято считать относительную плотность сложения песка.

Количественно относительную плотность песчаного грунта выражают через коэффициент относительной плотности (D), вычисляемый по формуле:

$$D = \frac{\rho_{d \min} * (\rho_d - \rho_{d \min})}{\rho_d * (\rho_{d \max} - \rho_{d \min})}$$

где, $\rho_{d \max}$, ρ_d и $\rho_{d \min}$ – плотность скелета грунта при максимальной плотности, в естественных условиях и при рыхлом сложении, соответственно.

Величина коэффициента относительной плотности изменяется от нуля до единицы. При величине коэффициента относительной плотности от 0 до 0,33 песок считается рыхлым, при величине в диапазоне более 0,33 до 0,66 – средней плотности сложения, а при величине более 0,66 – в плотном сложении.

Оценка способности песков к уплотнению проводится с использованием коэффициента уплотняемости песка (F), который вычисляется по формуле:

$$F = \frac{e_p - e_n}{e_n}$$

Где e_p и e_n – значение коэффициента пористости, при предельно рыхлом и плотном сложениях песка, соответственно.

Чем выше его значение, тем большей способностью к уплотнению обладают пески.

Для определения предельных плотностей сложения пробу песка высушивают в сушильном шкафу при 100-105⁰С до постоянной массы.

Объёмную плотность скелета песка в рыхлом сложении определяют в мерном цилиндре путём его заполнения песком через воронку. В начале опыта носик воронки размещается на дне мерного цилиндра. Медленно поднимая воронку с песком добиваются равномерного заполнения цилиндра песком. Определив массу песка, пошедшего на заполнение цилиндра, и деля её на объём цилиндра, рассчитывают плотность скелета в рыхлом сложении ($\rho_{d \min}$).

Предельно плотное сложение определяют в металлическом сосуде, представляющем собой усечённый конус. В начале опыта путём заполнения сосуда водой из мерного цилиндра устанавливают его объём, как разность между первоначальным объёмом воды в мерном цилиндре и оставшимся. Затем в сухой конический сосуд насыпают порцию высушенного песка и проводят его уплотнение путём постукивания по его стенкам пестиком с резиновым наконечником. Затем досыпается следующая порция песка и

проводиться доуплотнение. Операции повторяются до заполнения конического сосуда. Затем определяется масса песка, вошедшего в сосуд, делится на его объём и устанавливается плотность песка в предельно плотном сложении ($\rho_{d \max}$).

Задание 17 Определить уплотнённость грунта в земляном сооружении.

При проведении земляного сооружения, после отсыпки на одну из карт, слоя песка и его последующего уплотнения катками, были взяты образцы песка ненарушенной структуры, для которых в лаборатории определялись предельные плотности сложения и плотности скелета при естественной влажности (ρ_d). Данные этих определений приведены в таблице 54.

Необходимо установить степень уплотнения песка в 1, 2 и 3 зоне отсыпаемой карты и дать рекомендации по возможной отсыпке следующего слоя грунта или необходимости доуплотнения отсыпаемого слоя, если контрольное значение относительной плотности скелета песка равняется 0,55.

Таблица 54

Результаты определения плотности песков

N вариантов	Определение предельных плотностей сложения песков				Плотность скелета песка ρ_d , г/см ³ по зонам карты		
	Рыхлое сложение		Плотное сложение		1	2	3
	Масса песка, m_p , г	Объём песка, V_p , см ³	Масса песка, $m_{пл}$, г	Объём песка, $V_{пл}$, см ³	ρ_{d1} , г/см ³	ρ_{d2} , г/см ³	ρ_{d3} , г/см ³
1	448,4	330,0	665,01	369,45	1,64	1,68	1,72
2	409,6	320,0	583,73	369,45	1,38	1,41	1,50
3	518,0	370,0	676,09	369,45	1,62	1,69	1,72
4	465,75	345,0	657,62	369,45	1,65	1,69	1,64
5	569,4	390,0	676,09	369,45	1,68	1,61	1,72
6	647,8	410,0	698,26	369,45	1,79	1,82	1,73
7	536,05	355,0	687,18	369,45	1,72	1,76	1,79
8	499,2	390,0	609,59	369,45	1,52	1,48	1,56
9	520,0	400,0	620,68	369,45	1,50	1,54	1,58
10	531,3	385,0	642,84	369,45	1,62	1,64	1,66
11	525,6	360,0	679,79	369,45	1,66	1,70	1,74
12	483,0	359,0	642,84	369,45	1,66	1,68	1,70

Рекомендуется следующий порядок выполнения задания:

1. Рассчитать значения предельных плотностей скелета ($\rho_{d \min}$ и $\rho_{d \max}$);
2. Рассчитать значения коэффициента относительной плотности D для каждой из трёх зон карты его отсыпки, используя соответствующие значения плотности скелета ρ_{d1} , ρ_{d2} , ρ_{d3} ;
3. Определить название разновидности песка в каждой изученной зоне по величине коэффициента относительной плотности D ;
4. Сравнить значение коэффициента относительной плотности скелета песка в каждой из зон карты укладки грунта с контрольным значением ($D=0,55$) и дать, если необходимо, указание по доуплотнению песка в той или иной зоне.

Результаты выполнения задания представить в виде таблицы 55

Таблица 55

Оценка степени плотности песков

Номер зоны отсыпа- емой карты	Плотности скелета песка			Коэффи- циент относи- тельной плотности D	Разновидность песка по коэффициенту относительной плотности	Необходи- мость в доуплотне- нии песка по зонам карты
	$\rho_{d \min}$, г/с м ³	$\rho_{d \max}$, г/см ³	ρ_{d} , г/с м ³			
1						
2						
3						

III. 3.5 Определение пределов пластичности и консистенции связных грунтов

В гранулометрическом составе связных грунтов присутствует более 50% пылевато-глинистых частиц, способных притягивать и удерживать вокруг себя плёнки связной воды, что придаёт этим грунтам особое свойство, называемое пластичностью.

Пластичность грунта – способность его изменять свою форму без разрыва сплошности под воздействием внешних сил и сохранять её после прекращения их воздействия.

В зависимости от количества в грунте пылевато-глинистых частиц он может иметь различную степень пластичности, то есть быть более или менее пластичным. Кроме того, на пластичность грунта оказывает влияние минеральный состав пылевато-глинистых фракций (при монтмориллонитовом составе грунта в большей степени проявляет пластичные свойства, чем при каолиновом составе, несмотря на их одинаковый гранулометрический состав).

Пластичные свойства связных грунтов тесно связаны с их влажностью. При определённых значениях влажности грунт может находиться в твёрдом

состоянии, а с её увеличением может наступать момент, когда грунт перейдёт в текучее состояние. При промежуточном значении влажности грунт будет находиться в пластическом состоянии. Значение влажности связного грунта при которой он переходит в текучее состояние называется верхним пределом пластичности (граница текучести) W_t . Нижний предел пластичности (граница раскатывания) W_p , соответствует влажности связного грунта, при которой он переходит из пластичного состояния в твёрдое.

Диапазон изменения значений влажности связных грунтов от нижнего предела пластичности до верхнего предела пластичности называется числом пластичности I_p :

$$I_p = W_t - W_p.$$

Данный показатель используется как классификационный и в соответствии с ним при числе пластичности более 17 (при определении значения влажности в %) грунт называется глиной, в диапазоне от более 7 до 17 – суглинком, а от 1 до 7 – супесью. Пластичные свойства связных грунтов зависят от содержания в них песчаной фракции (2-0,05 мм), а также соотношения пылеватой (0,05-0,005) и глинистой фракции (менее 0,005 мм). В соответствии с этим ГОСТ 25100-2011 выделяет следующие разновидности глинистых грунтов, приведённых ниже в таблице 56.

Таблица 56

Разновидности глинистых грунтов

Разновидности глинистых грунтов	Число пластичности, I_p	Содержание песчаных частиц (2-0,05 мм), % по массе
Супесь:		
-песчанистая	1-7	≥ 50
- пылеватая	1-7	< 50
Суглинок:		
- лёгкий песчанистый	$> 7-12$	≥ 40
- лёгкий пылеватый	$> 7-12$	< 40
- тяжёлый песчанистый	$> 12-17$	≥ 40
- тяжёлый пылеватый	$> 12-17$	< 40
Глина:		
- лёгкая песчанистая	$> 17-27$	≥ 40
- лёгкая пылеватая	$> 17-27$	< 40
- тяжёлая	> 27	Не регламентируется

При различных значениях влажности связного грунта он будет по-разному проявлять свои пластические свойства, а при изменении её будет переходить из одного состояния в другое. Состояние связного грунта при различных влажностях получить название консистенции (текучести) грунта I_L , которая численно может быть определена по формуле:

$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p}$$

где W , W_p – влажность грунта, соответственно, естественная и на границе раскатывания;

I_p – число пластичности

В соответствии с ГОСТ 25100-2011 связные грунты по показателю консистенции делятся на следующие разновидности (таблица 57).

Таблица 57

Разновидность глинистых грунтов по консистенции

Разновидность глинистых грунтов	Показатель текучести, I_L
Супесь:	
- твёрдая	<0
- пластичная	$0-1$
- текучая	>1
Суглинки и глины:	
- твёрдые	<0
- полутвёрдые	$0-0,25$
- тугопластичные	$0,25-0,50$
- мягкопластичные	$0,50-0,75$
- текучепластичные	$0,75-1,00$
- текучие	$>1,00$

Изменение консистенции связных грунтов, то есть его пластичности, сказывает на величину показателей прочностных и деформационных свойств этих грунтов.

Определение верхнего и нижнего пределов пластичности проводится для паст, приготовленных из фракций менее 1 мм исследуемых связных грунтов, предварительно высушенных в естественных условиях с последующим увлажнением.

Наиболее распространёнными методами определения пределов пластичности грунтов являются:

1) Рекомендованные ГОСТ 5180-84 и предусматривающие определение верхнего предела пластичности конусом, а нижнего предела пластичности способом раскатывания пасты в шнур;

2) Предусматривающие определение обоих пределом пластичности с помощью конуса.

Для определения пределом пластичности по первому методу требуется: сито с ячейкой 1 мм; фарфоровая ступка с пестиком, снабжённым резиновым наконечником; чашку для приготовления пасты; шпатель; секундомер; прибор А.М. Васильева (рис.63), оборудование для определения влажности грунта.

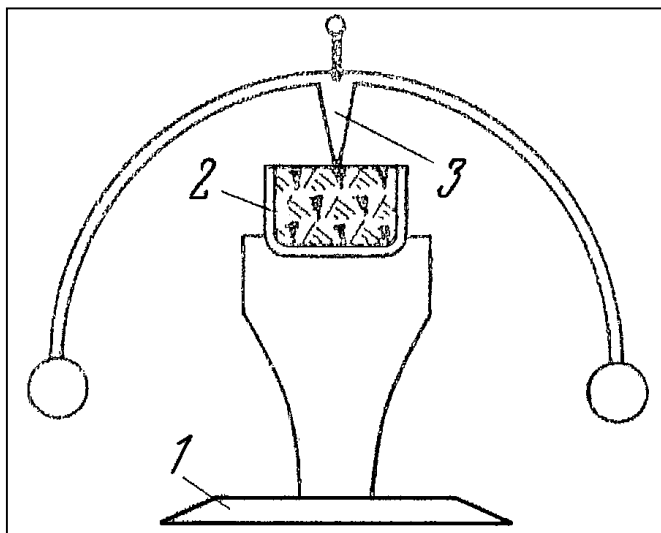


Рис.63. Балансирный конус А.М. Васильева: 1 — подставка, 2 — формочка, 3 — балансирный конус

Для определения пределов пластичности по второму методу балансирный конус А.М. Васильева заменяется на штативный прибор Союздорнии (рис.64).

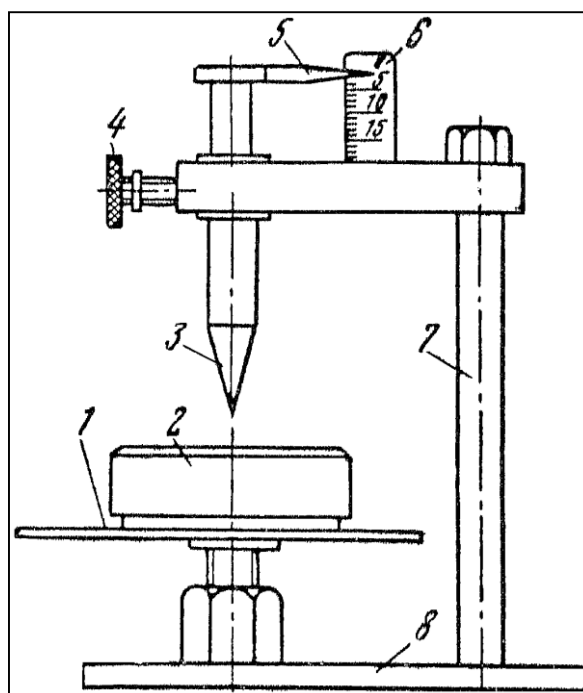


Рис.64. Штативный прибор Союздорнии: 1 — вращающийся столик, 2 — режущее кольцо, 3 — конус, 4 — стопорный винт, 5 — стрелка, 6 — шкала, 7 — стойка, 8 — плита штатива.

За верхний предел пластичности, как при первом, так и при втором методе, принимается влажность пасты в которую конический наконечник погружается на глубину 10 мм за 5 секунд.

За нижний предел пластичности при первом методе принимается влажность кусочков шнура, который образуется при раскатывании пасты в шнур толщиной 3 мм, когда он начинает делиться по всей длине поперечными трещинами на кусочки длиной примерно 10 мм.

При применении второго метода, за нижний предел пластичности принимается влажность пасты, в которую конус прибора Союздернии погружается на 2 мм за 5 секунд.

Задание 18 Определение наименования и состояния связного грунта

В лабораторных условиях были проведены работы по определению пределов пластичности образцов связных грунтов, доставленных с места проведения инженерно-геологических изысканий. Кроме того, определена величина естественной влажности образцов и наличия в них песчаной фракции (2-0,05 мм). Результаты исследований приведены в журнале (таблица 58)

Таблица 58

Журнал результатов исследования связных грунтов

N варианта образца	Значение влажности грунта, %			Содержание в грунте песчаной фракции (2-0,05), % по массе
	на пределы раскатыва ния W_p	на пределе текучести W_T	естественна я W	
1	18,6	33,9	23,1	36,0
2	16,4	29,6	20,4	67,6
3	14,1	33,2	24,4	30,9
4	17,3	33,8	26,1	12,5
5	11,8	22,7	10,9	58,8
6	14,5	38,3	18,2	54,1
7	17,4	24,2	17,5	40,7
8	12,7	27,6	18,5	42,5
9	12,7	15,4	13,5	63,0
10	15,5	22,3	19,2	64,1
11	10,6	26,7	21,5	8,4
12	24,6	69,1	28,9	7,4

Необходимо по результатам исследований, используя ГОСТ 25100-2011 дать наименование разновидности связного грунта по числу пластичности (I_p), по содержанию в нём песчаной фракции (суммарное содержание фракции от 2 до 10 мм менее 15%) и показателю консистенции (текучести) (I_L).

Рекомендуется следующий порядок выполнения задания:

1. Рассчитать число пластичности грунта (I_p)
2. Рассчитать показатель консистенции (текучести) грунта (I_L).

3. Используя приведённые выше таблицы 56, 57 из ГОСТ 25100-2011 и сведения о содержании в грунте песчаной фракции определить его разновидность по числу пластичности и консистенции.

4. Результаты работы представить в виде таблицы 59

Таблица 59

Результаты определения разновидности связного грунта

N варианта (образца)	Число пластичности, I_p	Показатель консистенции, I_L	Содержание песчаной фракции (2-0,05 мм)		Наименование разновидности грунта
			по ГОСТ	факт ич.	

III.3.6. Определение прочностных характеристик грунтов сдвиговыми испытаниями.

Прочностью грунта называют его способность (свойство) сопротивляться разрушению от механического (силового) воздействия при нагрузках, равных или превышающих критические для данного грунта.

Наиболее полно прочностные свойства дисперсных грунтов проявляются при сопротивлении их разрушению при действии *сдвигающих* усилий, приводящих к смещению в горизонтальном направлении (сдвигу) одной части грунта относительно другой.

Сопротивлением сдвигу называется касательное напряжение при разрушении грунта по площадке сдвига (скольжения), проходящей через данную точку.

В лабораторных условиях определение параметров прочности дисперсных и мерзлых грунтов выполняется обычно с использованием приборов прямого (одноплоскостного) среза, реже испытания проводятся в приборах трехосного сжатия. Испытания грунтов на сдвиг проводятся по разным схемам (консолидированного и неконсолидируемого сдвига).

Зависимость между сдвигающими (τ) и нормальными (σ) по отношению к площадке сдвига напряжениями в общем виде для случая предельного равновесия выражается следующим образом:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + C.$$

В этом выражении φ и C являются параметрами сопротивления сдвигу и называются: φ – углом внутреннего трения, град.; C – удельным сцеплением, Па.

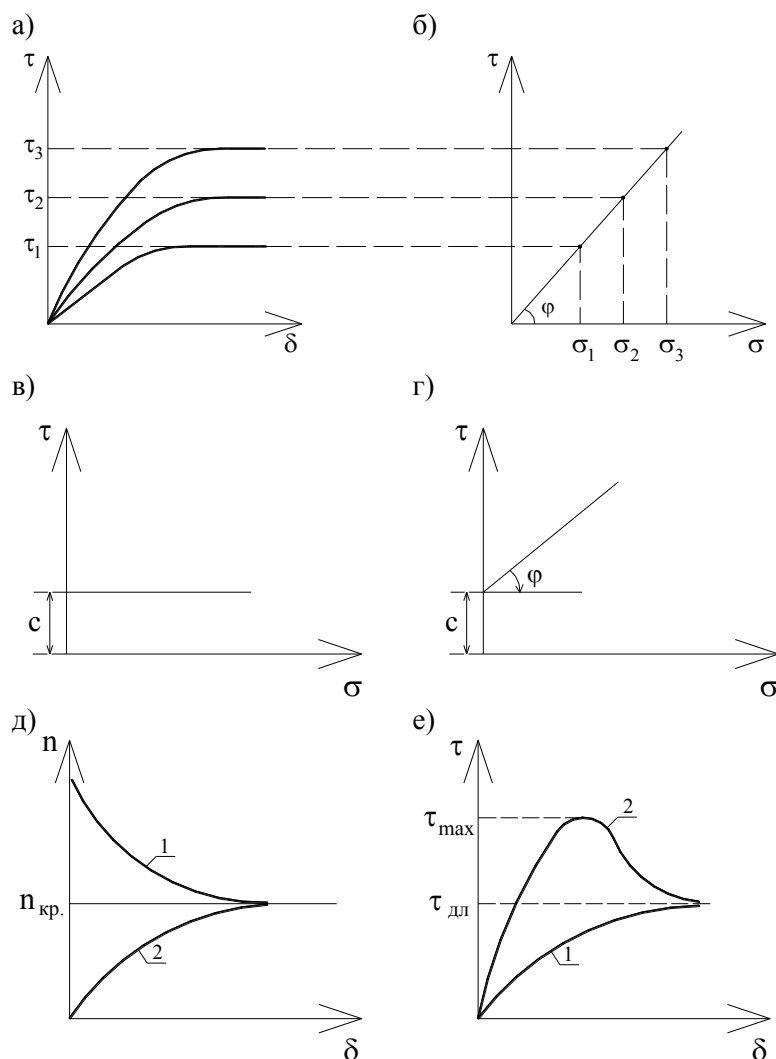


Рис. 65. Графики сопротивления грунтов сдвигу

При испытаниях грунтов φ и C являются математическими параметрами в уравнении графика испытания грунтов на сдвиг (рис.65). Испытания грунтов на сдвиг проводятся, как правило, при трех уплотняющих давлениях ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$), для каждого из них по перемещению δ фиксируются предельные сопротивления сдвигу (τ_1, τ_2, τ_3) – рис.65а. По этим данным строится график $\tau=f(\sigma)$. На рис.65б представлен график для идеально сыпучих грунтов; на рис.65в – для идеально связных грунтов (обладающих только вязким сцеплением); на рис.65г – для реальных грунтов, в которых фиксируется и удельное

сцепление (C) и угол внутреннего трения (φ).

Рис. 2д показывает, что в процессе сдвига рыхлые грунты (1) уплотняются, а плотные (2) разуплотняются, что отражается на соответствующем изменении величины сопротивления их сдвигу (рис.65е). Пористость, при которой сдвиг происходит без изменения объема грунта часто называют критической ($n_{кр}$), а отвечающее ей сопротивление сдвигу – длительной прочностью ($\tau_{дл}$).

III.3.7. Определение деформационных характеристик грунтов компрессионными испытаниями.

Сжимаемостью грунтов называется их способность (свойство) уменьшаться в объеме под влиянием внешних воздействий, приобретая более плотное сложение за счет уменьшения их исходной пористости.

Компрессионными испытаниями называются исследования уплотнения (компрессионной сжимаемости или компрессии) грунтов под нагрузкой в условиях одномерной задачи, т.е. при возможности развития деформации в одном направлении (вертикальном) без возможности бокового расширения. Приборы для подобных испытаний образцов носят название

«компрессионных» или «одеметров», а результирующие данные исследований в виде графиков называются компрессионными кривыми (рис. 66).

По мере увеличения давления (P) происходит уплотнение грунта и его коэффициент пористости (e) уменьшается. Для образцов ненарушенной структуры с выраженными структурными связями (том числе «сцеплением упрочнения» по терминологии Н.Я. Денисова) уменьшение коэффициента пористости начинается только после давления, превышающего структурную прочность грунта (рис. 66б). В этой же связи следует отметить, что частичное «восстановление» пористости грунта после разгрузки, отражающее упругие свойства грунта, в образцах с ненарушенной структурой заметно больше, чем в образцах нарушенной структуры (см. рис. 66а и б). Это характерно и для глинистых и для песчаных грунтов.

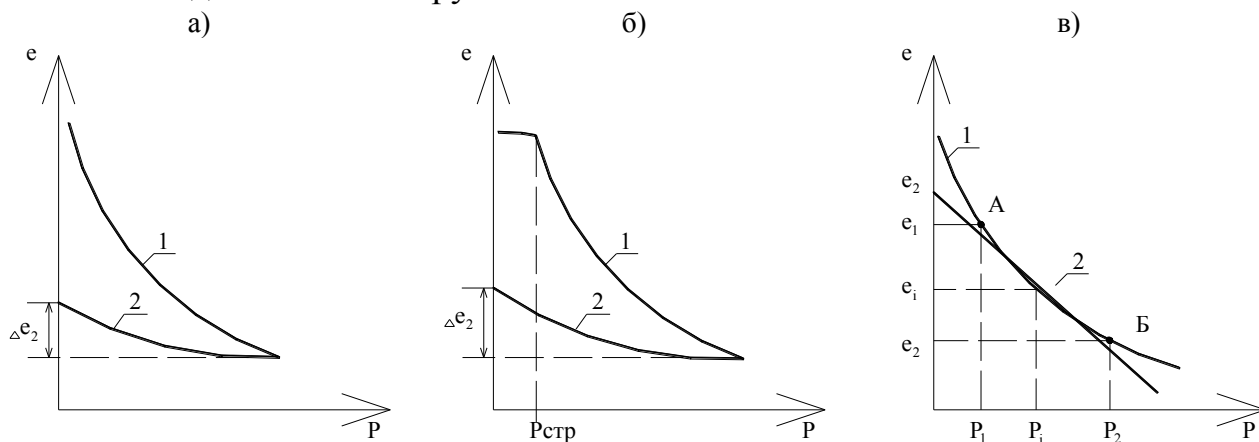


Рис. 66. Компрессионные кривые в координатах «давление – коэффициент пористости»; 1 – кривая уплотнения, 2 – кривая разуплотнения; $P_{стр.}$ – структурная прочность грунта; Δe_2 – частичное «восстановление» коэффициента пористости после разгрузки; а) – испытание образца грунта нарушенной структуры; б) – то же, ненарушенной; в) – расчетная схема для участка А–Б компрессионной кривой.

Компрессионная кривая имеет криволинейный характер, однако в диапазоне небольшого изменения давлений (от 0,1 до 0,3 МПа) ее можно принять за прямую (отрезок А-Б на рис. 66). Тангенс угла наклона этой прямой (α) характеризует сжимаемость изучаемого грунта в рассматриваемом диапазоне давлений (от P_1 до P_2) и называется *коэффициентом сжимаемости*, который обозначается « a » и, в соответствии с рис. 66в, вычисляется по формуле: $a = \frac{e_1 - e_2}{P_1 - P_2}$.

Уравнение прямолинейного отрезка компрессионной кривой записывается в виде

$$e_i = e_o - ap_i,$$

После дифференцирования этого уравнения получаем зависимость, справедливую для любой точки криволинейной компрессионной кривой: $de = -adp$.

Эта зависимость выражает закон уплотнения грунта: бесконечно малое изменение относительного объема пор грунта прямо пропорционально

бесконечно малому изменению давления.

Основными характеристиками сжимаемости грунтов является модуль общей деформации, коэффициент бокового давления и коэффициент поперечного расширения.

Модуль общей деформации является коэффициентом пропорциональности между напряжениями и относительными деформациями, при этом он учитывает и остаточные, и упругие деформации грунтов. По компрессионным испытаниям он вычисляется по следующей формуле: $E_o = \frac{1+e_o}{a} \beta$, где β – коэффициент, учитывающий невозможность

бокового расширения грунта (для песков и супесей $\beta=0,76$; суглинков – $0,63$; глин – $0,42$). При вычислении коэффициента сжимаемости « a » за P_1 принимают либо природное давление на глубине отбора образца, или $P_1=0,1$ МПа; за P_2 – давление, действующее под подошвой фундамента.

Коэффициент бокового давления представляет отношение приращения горизонтального давления грунта к приращению вертикального давления, обозначается ξ и изменяется в следующих пределах: для песков от $0,25$ до $0,37$, для глинистых грунтов в зависимости от консистенции от $0,11$ до $0,82$.

Коэффициент поперечного расширения грунта (коэффициент Пуассона) – представляет собой отношение относительных горизонтальных деформаций образца к относительным вертикальным деформациям. Он обозначается ν и равен для песков $0,21-0,29$; супесей и суглинков $0,30-0,37$; глин – $0,40$.

III.3.8. Определение прочностных и деформационных характеристик грунтов методом трехосного сжатия

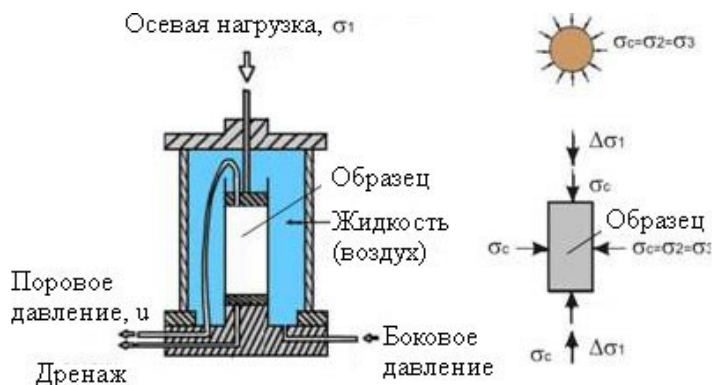
Комплексные исследования механических свойств грунтов осуществляются методом трехосного сжатия. Испытание грунта методом трехосного сжатия проводят для определения следующих прочностных и деформационных характеристик: угла внутреннего трения (φ), удельного сцепления (C), сопротивления недренированному сдвигу (C_u), модуля деформации (E), модуля сдвига (G) и коэффициента поперечной деформации (ν) и многих других параметров для песков, глинистых, органо-минеральных и органических грунтов.

Указанные характеристики определяют по результатам испытаний образцов грунта в камерах трехосного сжатия. В России приборы трехосного сжатия принято называть *стабилометрами*.

Конструкция камеры трехосного сжатия обеспечивает возможность бокового расширения образца грунта в условиях трехосного осесимметричного статического нагружения при $\sigma_1 \geq \sigma_2 = \sigma_3$, где σ_1 – максимальное главное напряжение; σ_2 , σ_3 – минимальные, они же промежуточные главные напряжения.

Общий вид стабилометра, конструкция рабочей камеры и схема нагружения образца грунта приведены на рис.67.

а)



б)



Рис. 67. Стабилометр конструкции ООО «НПП «Геотек», а – конструкция рабочей камеры и схема нагружения образца грунта; б – общий вид прибора

Испытания грунтов методом трехосного сжатия проводят по следующим схемам:

- *неконсолидированно-недренированное испытание* – для определения сопротивления недренированному сдвигу водонасыщенных глинистых, органо-минеральных и органических грунтов природной плотности;
- *консолидированно-недренированное испытание* – для определения характеристик прочности глинистых, органо-минеральных и органических грунтов в нестабилизированном состоянии;
- *консолидированно-дренированное испытание* – для определения характеристик прочности и деформируемости любых дисперсных грунтов в стабилизированном состоянии.

Для трехосных испытаний используют образцы грунта нарушенного сложения с природной влажностью, или образцы нарушенного сложения с заданными значениями плотности и влажности. Испытания для определения характеристик прочности проводят не менее чем для трех образцов исследуемого грунта при различных значениях всестороннего давления на образец.

III. 3.9. Определение коэффициента фильтрации лабораторными методами.

Для определения коэффициентов фильтрации и проницаемости горных пород применяют как полевые, так и лабораторные методы. Причем, в лабораторных условиях коэффициент фильтрации определяют, главным образом, только для дисперсных (песчаных и глинистых) грунтов.

Коэффициент фильтрации в лабораторных условиях определяется с помощью специальных приборов на образцах естественного и нарушенного сложения и косвенным путем по гранулометрическому составу и пористости пород или по времени, необходимому для уплотнения породы заданной нагрузкой. В зависимости от применяемых приборов лабораторные определения могут быть разделены на две группы. Первую группу представляют приборы, которые при определении коэффициента фильтрации позволяют учитывать влияние нагрузки, - компрессионно-фильтрационные приборы (Н.Н. Маслова и др.). Вторую группу составляют приборы, определение коэффициента фильтрации в которых производится без учета влияния нагрузки (приборы Г.Н. Каменского, Г. Тиме и др.).

Все лабораторные методы определения коэффициента фильтрации являются менее точными по сравнению с полевыми, так как они основаны на исследовании отдельных образцов, взятых из толщи пород. При полевых же методах (откачках, нагнетаниях) исследуют не отдельные образцы, а целые комплексы отложений, находящихся в условиях естественного залегания. Некоторые лабораторные методы в настоящее время пока нельзя заменить ни одним из полевых методов, например, определение коэффициента фильтрации на приборах, позволяющих учитывать влияние нагрузки, что представляет особый интерес при оценке строительных качеств пород. Наконец, многие лабораторные методы не требуют сложного оборудования, нетрудоемки, отличаются простотой и низкой стоимостью. Поэтому они позволяют производить массовые исследования.

Наиболее точные результаты дают приборы, позволяющие определять коэффициент фильтрации путем расчета по гранулометрическому составу и пористости пород. Этот метод применим, главным образом, для песчаных пород. Для глинистых пород он рекомендован быть не может, так как их фильтрационные свойства зависят не только от гранулометрического состава, но и от их сложения.

Описание одного из лабораторных методов определения коэффициента фильтрации пород приводится ниже.

Задание 19. Определение коэффициента фильтрации в приборе КФ-00М

Цель и результаты работы

Цель работы – знакомство студентов с лабораторным методом определения коэффициента фильтрации дисперсных грунтов на образцах нарушенного и ненарушенного сложения.

В качестве отчетных материалов студентами предоставляются:

1. Схема прибора КФ-00М. Описание сущности и области применения лабораторного метода.
2. Журнал испытаний грунтов.

Конструкция прибора

Прибор (рис.68) предназначен для определения коэффициента фильтрации песчаных грунтов нарушенного и ненарушенного сложения при постоянных гидравлических градиентах от 0,1 до 1. Прибор состоит из фильтрационной трубки и специального винтового телескопического приспособления, позволяющего насыщать грунт и регулировать напор воды, и корпуса 10 с крышкой 9. Фильтрационная трубка состоит из основного металлического цилиндра 7 (внутренним диаметром 56,5 и высотой 100 мм) с заостренным краем, поддона 1, который надевается на нижнюю часть цилиндра, и латунной сетки 2, вставляемой в поддон. На верхней части цилиндра устанавливается муфта 5 с латунной сеткой 6 и мерным стеклянным баллоном 4 (мариоттовым сосудом), на одной стороне которого нанесена шкала. Телескопическое приспособление состоит из подставки 11, винта 8 и планки 3. На планке нанесены деления напорного градиента от 0 до 1 с ценой деления 0,02.

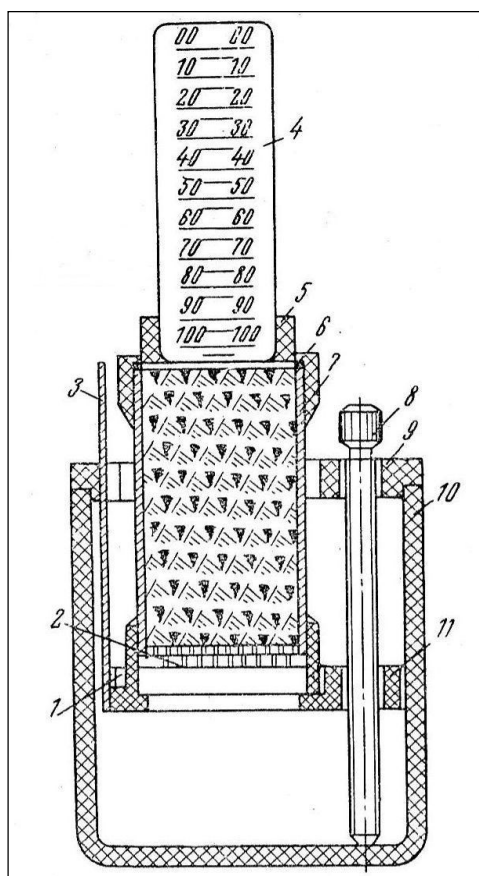


Рис.68. Прибор КФ-00М для определения коэффициента фильтрации песков.

Порядок выполнения работы

1. Из корпуса прибора извлекают фильтрационную трубку. Снимают с нее муфту с латунной сеткой 6 и мерным баллоном.

2. При испытании песчаных грунтов нарушенного сложения рекомендуется коэффициент фильтрации грунтов определять дважды: при рыхлом и плотном сложении. В первом случае грунт просто насыпают в металлический цилиндр до необходимой высоты, во втором – наполнение осуществляют слоями 1-2 см с легкой трамбовкой. В обоих случаях определяют плотность скелета грунта. При опытах с тонкозернистыми песками на дно трубки засыпают буферный слой песка фракции 0,5-0,25 мм высотой 2-3 мм.

При определении коэффициента фильтрации грунтов ненарушенного сложения с цилиндра 7 снимают поддон с латунной сеткой 6 и в вертикальном положении задавливают цилиндр непосредственно в грунт.

3. После заполнения цилиндра грунтом в корпус наливают воду и вращением винта 8 поднимают подставку 11 до совмещения отметки 1 напорного градиента на планке с верхним краем крышки 9.

4. На подставку 11 устанавливают фильтрационную трубку с испытуемым грунтом. Вращением винта 8, медленно погружают фильтрационную трубку с грунтом в воду до отметки $i=0,8$. В таком положении прибор оставляют до появления в верхнем торце цилиндра влаги, о чем судят по изменившемуся цвету грунта.

5. Помещают на грунт латунную сетку 6, надевают на цилиндр муфту 5 и вращением винта 8 опускают фильтрационную трубку в крайнее нижнее положение.

6. Заполняют мерный баллон водой, предварительно измерив ее температуру, зажимают его отверстие большим пальцем и, быстро опрокинув, вставляют в муфту фильтрационной трубки так, чтобы горлышко баллона соприкасалось с латунной сеткой.

В таком виде мерный баллон автоматически поддерживает над грунтом постоянный уровень воды 1-2 мм. Как только этот уровень вследствие просачивания воды через грунт понизится, в мерный баллон прорывается пузырек воздуха, и соответствующее количество воды вытекает из него. Этим достигается постоянство напорного градиента. Прорыв в мерный баллон крупных пузырьков воздуха свидетельствует о том, что горлышко его отстоит на значительном расстоянии от поверхности грунта. В этом случае необходимо баллон опустить на 1-2 мм и добиться того, чтобы в него равномерно поднимались мелкие пузырьки воздуха.

7. Устанавливают планку на градиент $i=0,6$ и доливают воду в корпус 10 до верхнего края.

8. Отмечают по шкале уровень воды в мерном баллоне; пускают секундомер и по истечении определенного времени T (50-100 с для крупно- и среднезернистых песков, 250-600 с для глинистых песков) замечают второй уровень воды в мерном баллоне, что дает возможность определить объем воды Q , профильтровавшейся через грунт за время T . Для получения средней

величины коэффициента фильтрации повторяют замеры объема воды при различных положениях ее уровня в мерном баллоне за время T .

9. Опустив цилиндр с грунтом в крайнее нижнее положение, снимают мерный баллон, заполняют его водой и вновь вставляют в муфту.

10. Устанавливают планку на гидравлический градиент $i=0,8$. Далее поступают согласно пункту 8. Так производят определение любого градиента.

11. По данным опыта рассчитывают коэффициент фильтрации по формуле:

$$K_{10} = \frac{Q \cdot 864}{T \cdot F \cdot i \cdot r} \text{ м/сут},$$

где K_{10} – коэффициент фильтрации при $t=10^{\circ}\text{C}$;

Q – объем воды, мл;

F – площадь поперечного сечения цилиндра, см^2 ;

T – время, с;

i – напорный градиент;

r – температурная поправка ($0,7+0,03 t^{\theta}$);

t – температура фильтрующейся воды;

864 – переводной коэффициент из см/с в м/сут .

Все данные, полученные в процессе определения коэффициента фильтрации, записывают в журнал (таблица 60).

Журнал лабораторного определения K_f песков на приборе КФ-00М

Таблица 60

Варианты заданий	Номер горной выработки	Глубины отбора образцов	Наименование грунта, состояние	F цилиндра, $см^2$	Температура воды t , в град	Температурная поправка, τ	Напорный градиент, i	Значения уровня воды до опыта x	Время опыта по секундомеру T , сек	Значение уровня воды в конце опыта y	Расход воды Q в $см^3/сек$	Коэффициент фильтрации K_{10} , м/сут
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	скв №1	4,0	песок мелкий	25,09	12		1	20,0	150	47,6		
					12		0,6	10,6	125	22,5		
2	скв №2	6,0	песок пылеватый	25,09	10		1	10,0	360	130		
					10		0,8	5,5	200	35,9		
3	скв №3	2,5	песок крупный	25,09	15		1	1,5	80	205		
					15		0,6	5,0	60	156,6		
4	скв №4	2,7	песок гравелистый	25,09	18		1	2,0	75	199		
					18		0,8	9,9	60	110,7		
5	скв №5	10,0	песок средней крупности	25,09	9		1	7,2	250	582,6		
					9		0,6	8,0	200	230,7		
6	скв №6	9,4	песок средней крупности	25,09	13		1	7,0	60	260		
					13		0,6	8,5	50	250		
7	скв №7	11,5	песок средней крупности	25,09	15		1	1,0	80	36,8		
					15		0,8	4,5	50	10,1		
8	скв №8	6,7	песок средней крупности	25,09	14		1	0,0	70	32,4		
					14		0,8	10,0	50	9,3		
9	скв №9	9,8	песок средней крупности	25,09	10		1	1,0	60	24,8		
					10		0,6	10,0	10	0,3		
10	скв №10	16,6	песок средней крупности	25,09	11		1	0,0	60	23,6		
					11		0,8	5,0	60	15,6		
11	скв №11	3,9	песок мелкий	25,09	12		1	0,0	150	55,2		
					12		0,6	1,0	120	20,4		
12	скв №12	2,5	песок мелкий	25,09	13		1	0,0	160	67,8		
					13		0,8	3,0	120	27,1		
13	скв №13	15,4	песок мелкий	25,09	16		1	0,0	180	79,7		
					16		0,6	10,0	130	17,6		
14	скв №14	6,5	песок средней крупности	25,09	15		1	0,0	160	112,4		
					15		0,8	8,0	100	26,4		

продолжение таблицы 60												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
15	СКВ №15	9,9	песок средней крупности	25,09	8		1	5,0	100	54,1		
					8		0,6	10,0	60	10,0		
16	СКВ №16	10,1	песок средней крупности	25,09	9		1	5,0	90	46,7		
					9		0,8	10,0	60	14,2		
17	СКВ №17	3,8	песок средней крупности	25,09	10		1	4,0	85	46,6		
					10		0,8	5,0	55	15,1		
18	СКВ №18	2,2	песок средней крупности	25,09	11		1	0,0	90	50,2		
					11		0,6	0,0	60	13,4		
19	СКВ №19	7,5	песок мелкий	25,09	12		1	1,0	180	167,9		
					12		0,8	5,0	130	60,4		
20	СКВ №20	8,0	песок мелкий	25,09	13		1	1,0	180	168,8		
					13		0,6	10,0	120	33,1		
21	СКВ №3	8,2	песок гравелистый	25,09	14		1	5,0	60	77,3		
					14		0,8	11,0	50	35,6		
22	СКВ №5	3,3	песок крупный	25,09	15		1	2,0	60	59,3		
					15		0,6	5,0	50	22,2		
23	СКВ №7	6,7	песок крупный	25,09	16		1	2,0	60	65,8		
					16		0,8	5,0	50	32,8		
24	СКВ №8	9,0	песок мелкий	25,09	17		1	0,0	180	136,1		
					17		0,6	5,0	130	35,3		
25	СКВ №10	9,5	песок средней крупности	25,09	18		1	2,0	100	99,4		
					18		0,8	5,0	60	25,7		
26	СКВ №13	5,0	песок средней крупности	25,09	10		1	5,0	90	41,9		
					10		0,6	10,0	60	9,5		
27	СКВ №14	8,0	песок средней крупности	25,09	11		1	5,0	100	67,1		
					11		0,6	10,0	70	16,8		
28	СКВ №16	6,5	песок средней крупности	25,09	12		1	0,0	100	57,7		
					12		0,6	2,0	80	20,4		
29	СКВ №18	7,2	песок средней крупности	25,09	10		1	0,0	90	47,8		
					10		0,6	0,5	60	12,5		
30	СКВ №20	6,3	песок средней крупности	25,09	10		1	2,0	90	41,6		
					10		0,8	10,0	60	11,3		

III.3.10. Определение химического состава и агрессивности подземных вод.

Подземные воды имеют весьма разнообразный химический состав. Главным фактором, определяющим состав вод, является литолого-фациальный состав водовмещающих грунтов. Химический состав воды определяется содержанием главных элементов в виде следующих ионов: кальция, магния, натрия, калия, хлора, сульфатов, гидрокарбонатов и карбонатов. К основным показателям химических свойств воды можно отнести минерализацию, водородный показатель (pH), окислительно-восстановительный потенциал (Eh), жёсткость и агрессивность.

По общему содержанию растворённых солей воды подразделяются на *пресные* (до 1 г/л), *солончатые* (от 1 до 10 г/л), *солёные* (10-50 г/л) и *рассолы* (более 50 г/л). Количество и состав солей устанавливается химическим анализом. Полученные результаты выражаются в виде катионов и анионов (мг/л или мг·экв/л).

Водородный показатель (pH) десятичный логарифм концентрации ионов H^+ в воде, взятый с отрицательным знаком: $pH = -\lg[H^+]$. Этот показатель характеризует кислотно-щелочные свойства воды. По величине pH природные воды классифицируются следующим образом:

Наименование воды	pH
Очень кислая	<5
Кислая	5-7
Нейтральная	7
Щелочная	7-9
Высокощелочная	>9

Подземные воды обычно имеют pH от 6 до 8, а в зонах окисления рудных месторождений встречаются подземные воды с $pH < 5$.

Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) характеризует интенсивность окисляющего или восстанавливающего действия элементов с переменной валентностью, находящихся в воде. Этот показатель представляет собой разность потенциалов, которая возникает между электродом из благородного металла (платина, золото), погружённого в испытуемый раствор, и нормальным водородным электродом. Окислительно-восстановительный потенциал выражается в мВ. При содержании кислорода в воде более 7 мг/л Eh составляет от +350 до +700 мВ. Наличие сероводорода и органических веществ в воде создаёт восстановительную обстановку, и Eh становится равным -100 мВ, -300 мВ и ниже.

Присутствие солей придаёт воде такие свойства, как жёсткость и агрессивность.

Жёсткость обуславливается значительным количеством растворённых в воде солей кальция и магния. Такая вода даёт большую накипь в паровых

котлах, плохо мылится и т.д. В настоящее время в России жёсткость принято выражать количеством миллиграмм-эквивалентов кальция и магния, 1 мг-экв жёсткости соответствует содержанию в 1 л воды кальция или 12,6 ион магния. В других странах жёсткость измеряют в градусах (1 мг-экв = 2,8°). По жёсткости воду разделяют на *мягкую* (менее 3 мг-экв или 8,4°), *средней жёсткости* (3-6 мг-экв или 8,4-16,8°), *жёсткую* (6-9 мг-экв или 16,8-25,2°) и *очень жёсткую* (более 9 мг-экв или 25,2°).

Наилучшим качеством обладает вода с жёсткостью не более 7 мг-экв. Жёсткость бывает *временной* и *постоянной*. Временная жёсткость обусловлена присутствием бикарбонатов и может быть устранена кипячением. Постоянная жёсткость, зависящая от сернокислых и хлористых солей, кипячением не устраняется. Сумма временной и постоянной жёсткости называется *общей жёсткостью*.

Агрессивность подземных вод выражается в разрушительном воздействии растворённых в воде солей на портландцемент. Поэтому при строительстве фундаментов и различных подземных сооружений необходимо уметь оценивать степень агрессивности подземных вод и определять меры борьбы с ней. В существующих нормах, оценивающих степень агрессивности вод по отношению к бетону, кроме химического состава воды, учитывается коэффициент фильтрации пород.

По отношению к бетону различаются следующие виды агрессивности подземных вод: а) общекислотная оценивается величиной pH; б) сульфатная определяется по содержанию иона SO_4^{2-} (при содержании SO_4^{2-} в количестве более 200 мг/л вода становится агрессивной); в) магниевая устанавливается по содержанию иона Mg^{2+} ; г) карбонатная связана с воздействием на бетон агрессивной уголекислоты (прил. 15).

Качество воды изучают в химических лабораториях по пробам, отбираемым во время полевых инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий. Основной формой выражения результатов химического анализа является массовая ионная форма растворённых веществ в граммах или миллиграммах на 1 л воды. Для выявления количественных соотношений между ионами и систематизации химических анализов результаты переводят из массовой формы (мг/л) в эквивалентную молярную (моль/л), а затем в относительную молекулярную (%-моль). Пример оформления результатов химического анализа подземных вод приведён в приложение 15. Для того, чтобы перевести мг/л в моль/л воды, необходимо количество миллиграммов каждого иона разделить на молярную массу эквивалента (частное от деления молярной массы иона на его валентность). Для каждого анализа эквивалентная сумма анионов должна быть равной сумме катионов (по расхождению этих сумм судят о погрешности анализа). Для вычисления %-молей принимают сумму моль/л анионов (катионов) за 100% и вычисляют процентную долю эквивалента каждого из анионов (катионов) в молях по отношению к этой сумме. Для систематизации химических анализов воды предложено большое количество классификаций,

однако, общепринятой единой классификации пока не существует. В качестве примера рассмотрим часто применяемую классификацию О.А. Алексина, по которой природные воды делятся по преобладанию анионов на три класса: *гидрокарбонатные* (и *карбонатные*), *сульфатные* и *хлоридные* воды (рис. 69). Каждый класс подразделяется на три группы по преобладанию одного из катионов — Ca^{2+} , Mg^{2+} или Na^+ . Далее воды делятся на типы по соотношению между ионами, содержание которых выражено в %-молях. Всего выделяется четыре типа вод:

I тип ($\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) маломинерализованные;

II тип ($\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$) умеренной минерализации;

III тип ($\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ или — аналогично — $\text{Cl}^- > \text{Na}^+$)

обычно высокоминерализованные;

IV тип ($\text{HCO}_3^- = 0$) кислые, имеющиеся только в сульфатном и хлоридном классах в группах Ca и Mg, где нет первого типа.

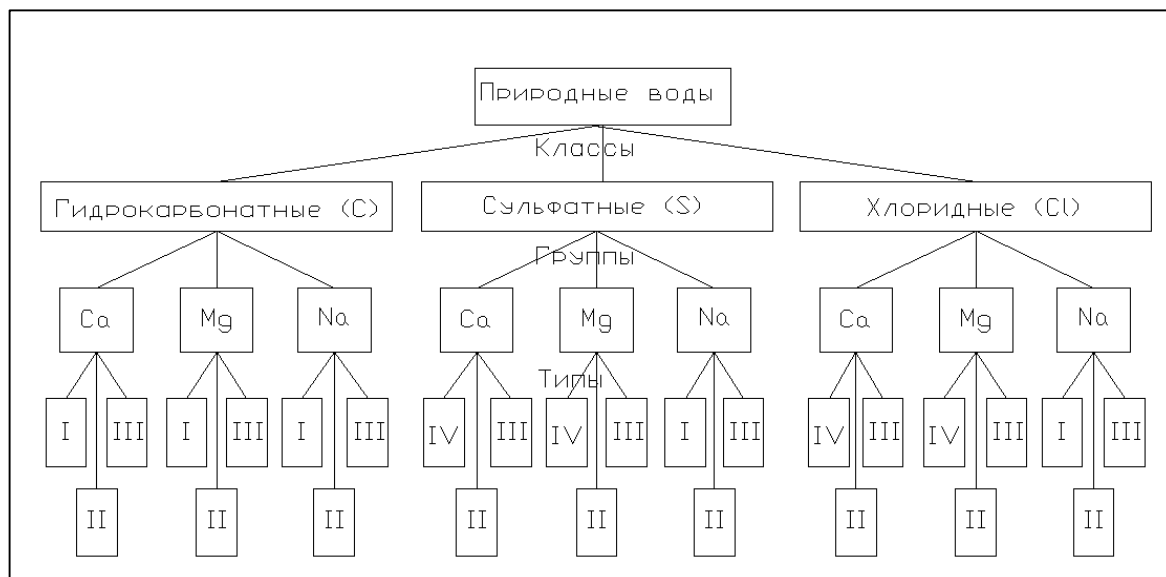


Рис.69. Классификация природных вод по химическому составу (по О.А. Алексину, 1970)

По классификации О.А. Алексина преобладающими считаются ионы с наибольшей концентрацией; за второй преобладающий ион принимается тот, содержание которого уступает первому в пределах до 10 %-моль.

Таблица 61

АГРЕССИВНОСТЬ СРЕДЫ К БЕТОНУ НА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЕ ПО СНиП 2.03.11-85

Показатель и агрессивности среды	Степень агрессивного воздействия среды	Условия эксплуатации сооружения		
		Безнапорные сооружения		Напорные сооружения
		сильно- и среднефильтрующие грунты, $K_f \geq 0,1$ м/сут	Слабофильтрующие грунты, $K_f < 0,1$ м/сут	
1	2	3	4	5
Бикарбонатная щёлочность, мг-экв/л (град)	Неагрессивная	$\geq 1,4$ (4°)	Не нормируется	≥ 2 (5,6°)
	Слабоагрессивная	$< 1,4$ (4°) ÷ 0,7 (2°)	Не нормируется	< 2 (5,6°) ÷ 1,07 (3°)
	Среднеагрессивная	$< 0,7$ (2°)	Не нормируется	$< 1,07$ (3°)
	Сильноагрессивная	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется
Водородный показатель pH	Неагрессивная	$> 6,5$	> 5	$> 6,5$
	Слабоагрессивная	6,5-6	5-4	6,5-6
	Среднеагрессивная	5,9-5	3,9-3	5,9-5,5
	Сильноагрессивная	< 5	< 3	$< 5,5$
Содержание свободной углекислоты, мг/л	Неагрессивная	$< a[Ca^{2+}] + b$	$< a[Ca^{2+}] + b + 40$	$< a[Ca^{2+}] + b$
	Слабоагрессивная	$a[Ca^{2+}] + b \div a[Ca^{2+}] + b + 40$	$\geq a[Ca^{2+}] + b + 40$	$a[Ca^{2+}] + b \div a[Ca^{2+}] + b + 40$
	Среднеагрессивная	$> a[Ca^{2+}] + b + 40$	Не нормируется	$> a[Ca^{2+}] + b + 40$
	Сильноагрессивная	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется
Содержание магnezияльных солей, мг/л, в пересчёте на ион Mg^{2+}	Неагрессивная	≤ 1000	≤ 2000	≤ 1000
	Слабоагрессивная	1001-1500	2001-2500	1001-1500
	Среднеагрессивная	1501-2000	2501-3000	1501-2000
	Сильноагрессивная	> 2000	> 3000	> 2000

Содержание едких щелочей, г/л, в пересчёте на ионы $\text{Na}^+ + \text{K}^+$	Неагрессивная	≤ 50	≤ 80	≤ 30
	Слабоагрессивная	51-60	81-90	31-50
	Среднеагрессивная	61-80	91-100	51-60
	Сильноагрессивная	> 80	> 100	> 60
Содержание сульфатов, мг/л, в пересчёте на ионы SO_4^{2-}	Неагрессивная	< 300	< 300	< 250
	Слабоагрессивная	300-400	300-500	250-400
	Среднеагрессивная	401-500	501-600	401-500
	Сильноагрессивная	> 500	> 600	> 500
Содержание хлоридов, сульфатов, нитратов и др. солей и едких щелочей, г/л, при наличии испаряющихся поверхностей	Неагрессивная	< 10	< 10	По специальным указаниям
	Слабоагрессивная	10-15	10-15	
	Среднеагрессивная	16-20	16-20	
	Сильноагрессивная	> 20	> 20	

Примечания: 1. Значения приведены для бетона нормальной плотности.

2. Значения коэффициентов а и б для определения содержания свободной углекислоты даны ниже:

Бикарбонатная щёлочность		Суммарное содержание ионов Cl^- и SO_4^{2-}											
		0-200		201-400		401-600		601-800		801-1000		более 1000	
град	мг-экв/л	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	1	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	1,4	0,01	16	0,01	17	0	17	0	17		17	0	17
5	1,8	0,04	17	0,04	18	0	17	0,02	18	0,02	18	0,02	18
6	2,1	0,07	19	0,06	19	0,1	18	0,04	18	0,04	18	0,04	18

7	2,5	0,1	21	0,08	20	0,1	19	0,06	18	0,05	18	0,05	18
8	2,9	0,13	23	0,11	21	0,1	19	0,08	18	0,07	18	0,07	18
9	3,2	0,16	25	0,14	22	0,1	20	0,1	19	0,08	18	0,08	18
10	3,6	0,2	27	0,17	23	0,1	21	0,12	19	0,1	18	0,1	18
11	4	0,24	29	0,2	24	0,2	22	0,15	20	0,12	19	0,12	19
12	4,3	0,28	32	0,24	26	0,2	23	0,17	21	0,14	20	0,14	20
13	4,7	0,32	34	0,28	27	0,2	24	0,2	22	0,17	21	0,17	21
14	5	0,36	36	0,32	29	0,3	26	0,23	23	0,19	22	0,19	22
15	5,4	0,4	38	0,36	30	0,3	27	0,26	24	0,22	23	0,22	23
16	5,7	0,44	41	0,4	32	0,3	28	0,29	25	0,25	24	0,25	24
17	6,1	0,48	43	0,44	34	0,4	30	0,33	26	0,28	25	0,28	25
18	6,4	0,54	46	0,47	37	0,4	32	0,36	28	0,31	27	0,31	27
19	6,8	0,61	48	0,51	39	0,4	33	0,4	30	0,34	29	0,34	28
20	7,1	0,67	51	0,55	41	0,5	35	0,44	31	0,38	30	0,38	29
21	7,5	0,74	53	0,6	43	0,5	37	0,48	33	0,45	31	0,41	31
22	7,8	0,81	55	0,65	45	0,6	38	0,53	34	0,49	33	0,44	32
23	8,2	0,88	58	0,7	47	0,6	40	0,58	35	0,53	34	0,48	33
24	8,6	0,96	60	0,76	49	0,7	42	0,63	37	0,57	36	0,52	35
25	9	1,04	63	0,81	51	0,7	44	0,67	39	0,61	38	0,56	37

ОАО МосСТИСЗ

Лаборатория исследования грунтов и вод

РЕЗУЛЬТАТЫ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВОДЫ

Проба № 104-16

Объект: ЮЗАО, квартал 37, кор.12 (школа)

№ выработки: 3

Глубина отбора пробы, м: 3,40

Условия фильтрации: Кф > 0.1

Прозрачность: прозрачная

Цвет: без цвета

Запах: без запаха

Содержание в литре

Анионы	мг/л	мг-экв/л	% мг-экв
HCO_3	292,90	4,80	46,84
Cl	141,80	4,00	39,03
SO_4	67,24	1,40	13,66
NO_3	3,00	0,05	0,47

Катионы	мг/л	мг-экв/л	% мг-экв
Ca	120,24	6,00	58,54
Mg	36,45	3,00	29,26
Fe	0,50	0,02	0,17
NH_4	1,50	0,08	0,81
$Na+K$	26,45	1,15	11,22

Сумма ионов, мг/л	690,08
Сухой остаток (по сумме ионов), мг/л	543,63
CO_2 свободн., мг/л	29,92
CO_2 агрессивн., мг/л	
Щелочность общ., мг-экв/л	4,80
Гумус, мг/л	0,00

Жесткость	мг-экв/л	в нем. град.
Общая	9,00	25,20
Карбонатная	4,80	13,44
Постоянная	4,20	11,76

pH	7,0
----	-----

Степень агрессивности по ГОСТ 31384-2008

		W4	W6	W8	W10-W12
Бикарбонатная щелочность		нет	нет	нет	нет
Водородный показатель		нет	нет	нет	нет
Агресс. углекислота					
Магnezиальные соли		нет	нет	нет	нет
Аммонийные соли		нет	нет	нет	нет
Едкие щелочи		нет	нет	нет	нет
K SO ₄	Портландцемент	нет	нет	нет	нет
	Шлакопорт-цемент	нет	нет	нет	нет
	Сульфатостойкие	нет	нет	нет	нет
К ж/б конструкциям при смачивании	постоянном	нет			
	периодическом	слабая			
К металлическим конструкциям при свободном доступе кислорода		средняя			

Агрессивность к оболочкам кабелей по ГОСТ 9.602-2005

	Свинцов	Алюминий
Нитрат-ион	низкая	
Жесткость общая	низкая	
Гумус	низкая	
Водородный показатель	низкая	низкая
Хлор-ион		высокая
Ион железа		низкая
<i>Нахудийный показатель</i>	низкая	высокая

M 0,7 — HCO_3 47 Cl 39 $[SO_4$ 14] — pH7,0
Ca 59 Mg 29 $[Na$ 11]

Примечание: вода хлоридно-гидрокарбонатная магниевая-кальциевая, пресная, жесткая (жесткость карбонатная)

19.08.2013

Исполнитель: Сенчакова Н.Д.

Начальник лаборатории:

Маринушкина Н.П.

Задание 20 Определение наименования подземной воды по результатам химического анализа и оценка ее агрессивности к строительным материалам.

Цель и результаты работы

Цель работы – освоение навыков химического анализа подземных вод по результатам лабораторных определений их химического состава.

В качестве отчётного материала должны быть представлены: 1. полностью заполненная таблица химического анализа воды; 2. полное название воды по формуле Курлова (Пример заполнения ведомости см табл.).

Основные положения метода

Химический состав воды очень часто изображают в виде формулы, предложенной М.Г. Курловым. Она представляет собой псевдодробь, в числителе которой в убывающем порядке (в мол. долях, %) расположены анионы, а в знаменателе – в таком же порядке катионы. Ионы, содержание которых не превышает 10 мол. долей (%), в формулу не включают. Слева перед дробью указывают (в мг/л) количество газов и активных элементов и минерализацию воды М (в г/л с точностью до первого десятичного знака). Справа после дроби записывают температуру воды (°С), её реакцию pH, дебит скважины или расход источника (м³/сут).

В настоящее время в формулу М.Г. Курлова внесены некоторые изменения, которые дают возможность более чётко представить условия формирования химического состава: в неё включают все анионы и катионы, содержание которых превышает 25 мол. долей (%), можно считать второстепенными и отделять их скобками от главных. С учётом вышеуказанных изменений формула Курлова имеет следующий вид:

$$H_2SO_4 0,051 I 0,01 M 3,8 \frac{Cl 58 SO_4 35 [HCO_3 7]}{Na 81 [Ca 10 Mg 9]} T^{\circ} C 11 pH 7,9 D 110.$$

В наименование состава воды включают анионы и катионы, содержание которых составляет 25 %-моль и более. Рекомендуются в формулу первыми ставить анионы и катионы, находящиеся в большом количестве. Вода, состав которой изображён выше в виде формулы Курлова, называется сероводородной, йодистой, сульфатно-хлоридной натриевой, солоноватой, жёсткой (жёсткость карбонатная), щелочной.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с ведомостью лабораторных результатов химического анализа подземной воды.

2. На основании данных химического анализа воды определить степень агрессивности воды к бетону различной плотности на различном цементе, и железобетонным конструкциям при смачивании и к металлическим конструкциям при свободном доступе кислорода согласно

требованиям СНиП 2.03.11-85 (таблица 61), ГОСТ 31385-2008 и приведённых таблиц и классификаций в настоящем разделе.

3. На основании химического анализа воды привести в ведомости формулу Курлова и дать полное название воды по химическому составу.

IV. Содержание отчета по учебной геологической практике и требования, предъявляемые к его составлению.

Отчет по учебной геологической практике составляется бригадой студентов и должен отражать качество знаний, полученных ими при знакомстве с требованиями, методикой и методами организации и проведения инженерно-геологических изысканий, а также умение обрабатывать и анализировать материалы полевых работ, лабораторных исследований грунтов и подземных вод. Кроме того, в отчете должны быть приведены сведения о геологических особенностях региона проведения практики.

Отчет должен состоять из текстовой и графической частей, а в качестве приложения к нему должна быть представлена коллекция горных пород, собранная при проведении маршрутной съемки. В текстовой части приводятся сведения об инженерных (инженерно-геологических) изысканиях, описание геологических условий региона, мест проведения маршрутной съемки, описание назначения, характеристик и методики проведения буровых работ, полевых и лабораторных методов исследования грунтов и подземных вод, а также результатов обработки фактического материала этих исследований. Графический материал должен иллюстрировать теоретическую часть, изучаемую при проведении практики, фиксировать рабочие моменты проведения полевых и лабораторных исследований (например, моменты прохождения маршрута, буровые станки, оборудование и буровой инструмент, установки и приборы для полевых и лабораторных исследований грунтов и подземных вод), результаты обработки собранного при изысканиях фактического материала. Графический материал представляется в виде рисунков, схем, фотографий, графиков, разрезов, карт и таблиц.

Коллекция горных пород с указанием места ее сбора и состава исполнителей оформляется в произвольной форме. Породы в ней располагается в порядке от молодых к древним. К коллекции прилагается описание включающее: порядковый номер образца, место его отбора (номер точки по маршруту и геоморфологическое расположение этой точки), генезис и возраст породы, литологическое описание.

Структура отчета по учебной геологической практике отличается от отчета по инженерно-геологическим изысканиям (см. главу I). Содержание и объем отчета зависят от тех видов работ, с которыми студенты знакомятся в процессе прохождения практики, и количества вариантов обязательного для обработки фактического материала по тем или иным видам заданий (для всей

бригады по одним видам или только для определенного членов бригады по другим видам заданий). Структура и примерное содержание отчета по учебной практике приводится ниже. В отчете должны быть указаны авторы написания и графического оформления тех или иных разделов отчета и материалы обработки фактических данных исследования грунтов и подземных вод.

Содержание отчета по учебной геологической практике.

Введение (цель, задачи, место проведения, продолжительность практики и состав бригады)

1. Инженерные изыскания в строительстве (их назначение, состав, сроки и этапы проведения).

1.1. Инженерно-геологические изыскания (Место и роль ИГИ, сроки осуществления, состав работ, выполняемых при ИГИ, детальность).

2. Геологические особенности Московского региона (прилагается стратиграфическая колонка Подмосковья, геологические карты г. Москвы).

3. Геологические особенности района по маршруту (название)

3.1. Геоморфология района (прилагается геоморфологическая карта)

3.2. Геологическое строение (прилагается карта четвертичных отложений, карта коренных пород, литологический разрез, зарисовки обнажений)

3.3. Гидрогеологические условия

3.4. Геологические процессы (описания, схемы)

4. Буровые работы (виды бурения, назначение буровых скважин, буровой инструмент и оборудование, описание буровых установок)

5. Полевые методы исследования грунтов (назначение методов полевых испытаний грунтов)

5.1. Геофизические методы (краткое описание методов сейсморазведки, радиометрических методов, эманиционной съёмки и электроразведочных методов результаты обработки материалов испытаний).

5.2. Испытание грунтов методом статических нагрузок на штамп (назначение, оборудование, порядок проведения и результаты обработки материалов испытаний).

5.3. Испытание грунтов методом статического зондирования (назначение, оборудование, фиксируемые в процессе испытания показатели, результаты обработки материалов испытаний).

5.4. Испытание грунтов методом динамического зондирования УБП-15 (назначение, конструкция установки, параметры измерений в процессе проведения испытания, результаты обработки данных испытания).

5.5. Испытания грунтов методом динамического зондирования ЛЗЗ (назначение, конструкция ЛЗЗ, результаты обработки испытаний).

5.6. Испытания грунтов вращательным срезом (назначение, конструкция установки, порядок обработки результатов испытания).

5.7. Прессиометрические испытания грунтов (назначение, конструкция установки, порядок обработки результатов испытаний).

5.8. Определение плотности грунтов методом режущего цилиндра (назначение, конструкция прибора, порядок проведения отбора образца, определения плотности грунта при естественной влажности, установления его влажности и расчёта плотности сухого грунта).

5.9. Гидрогеологические исследования (назначение, методы и оборудование для проведения гидрогеологических работ).

5.9.1. Определение коэффициента фильтрации грунтов методом откачки воды из скважин (назначение, область применения, установка, результаты обработки материалов испытания).

5.9.2. Определение коэффициента фильтрации грунтов методом налива воды в шурф (назначение, область применения, методы, схема установки, результаты обработки материалов испытания).

5.10. Лабораторные методы исследования грунтов (назначение, описание, схема приборов, получаемые результаты и их обработка).

Приложения:

- Полевые дневники по маршрутам каждого члена бригады
- Коллекция горных пород (бригадная)

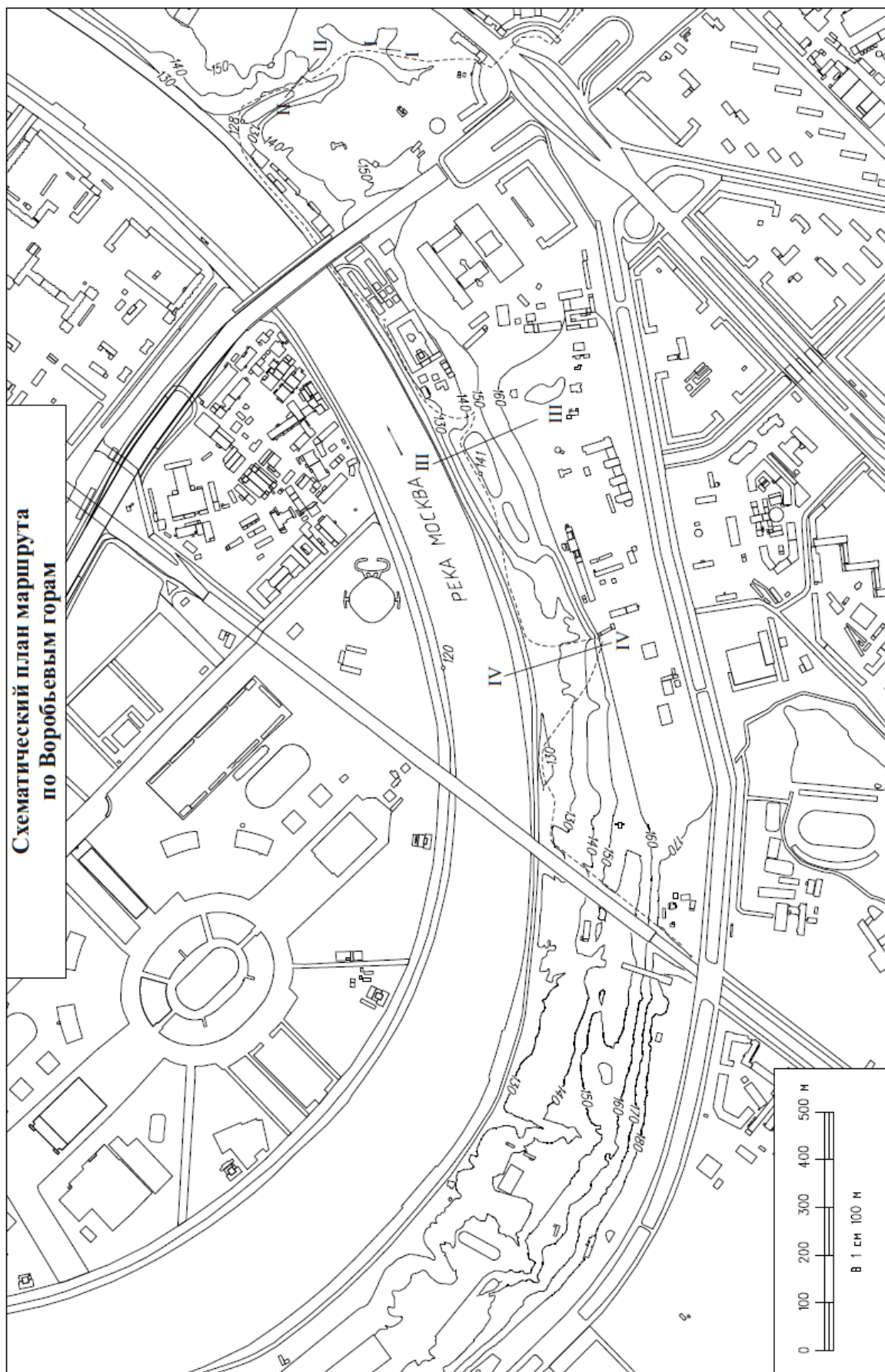
Отчет оформляется титульным листом (приложение 16). После написания отчета все члены бригады должны собраться и изучить его для последующей защиты у преподавателя, руководившего практикой. На зачете каждый член бригады должен знать все разделы отчета.

Защита отчета проводится преподавателем при наличии одновременно всех членов бригады.

ПРИЛОЖЕНИЯ

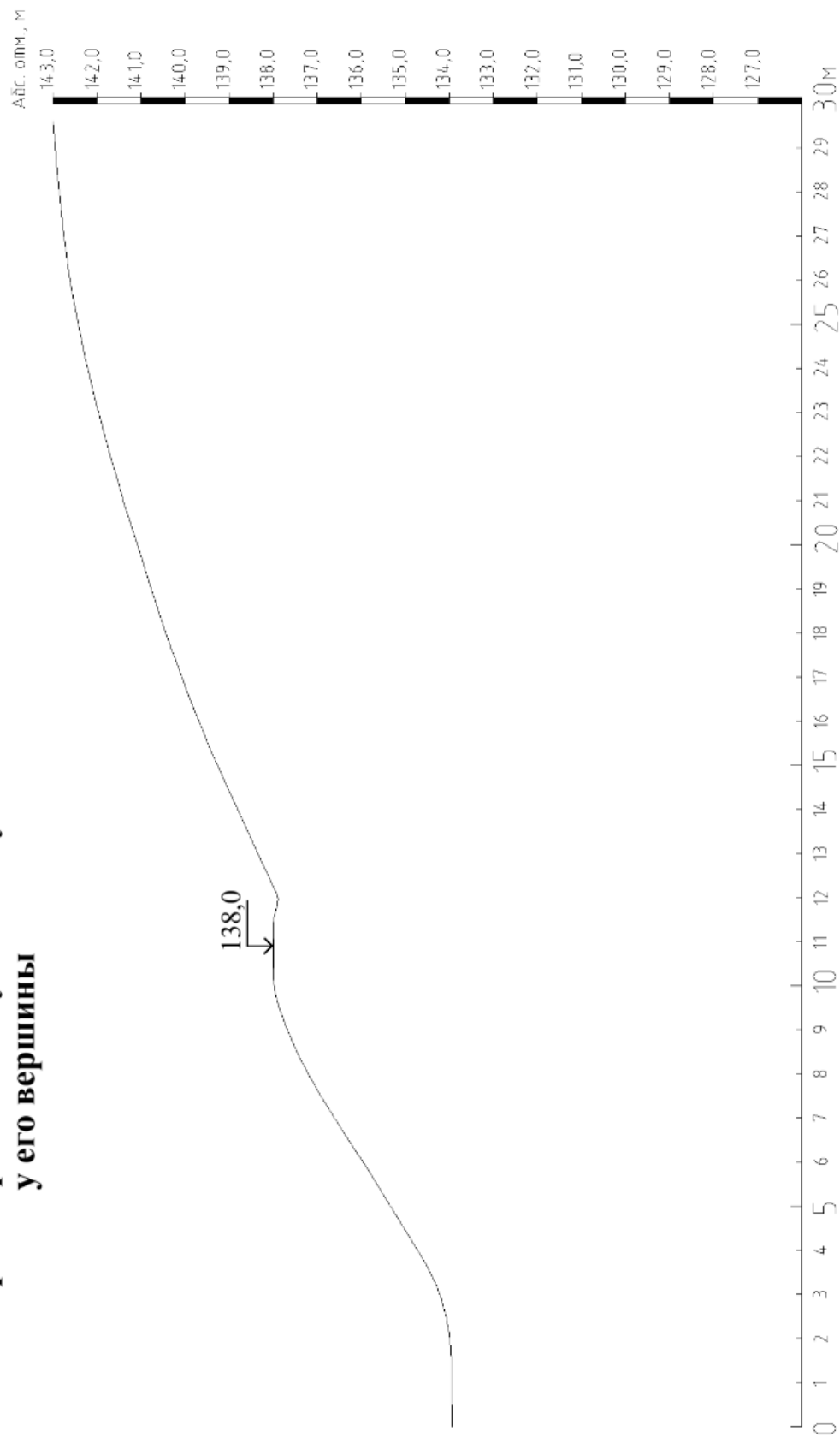


M 1 : 10 000



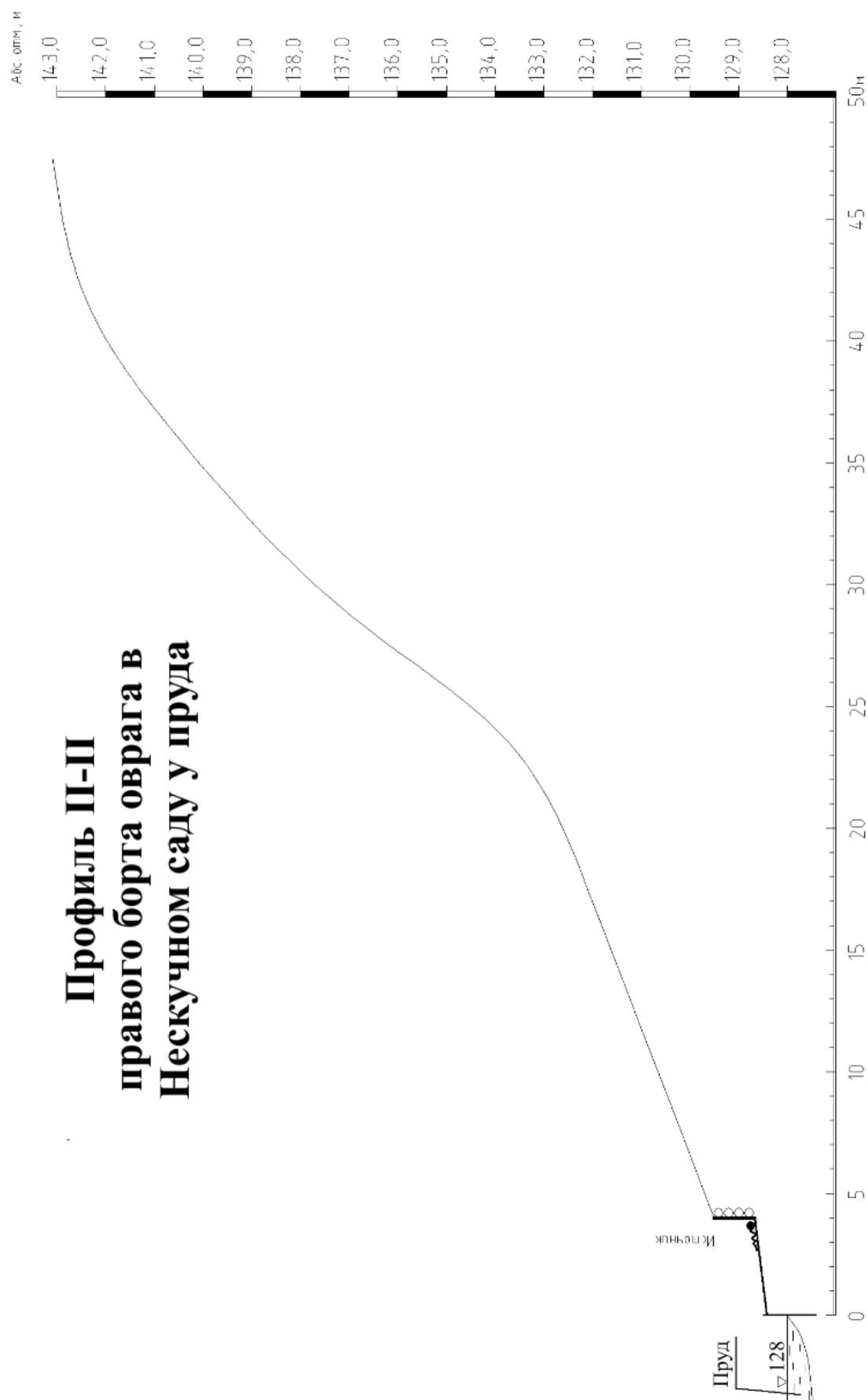
Приложение 2

Профиль I-I борта оврага в Нескучном саду у его вершины

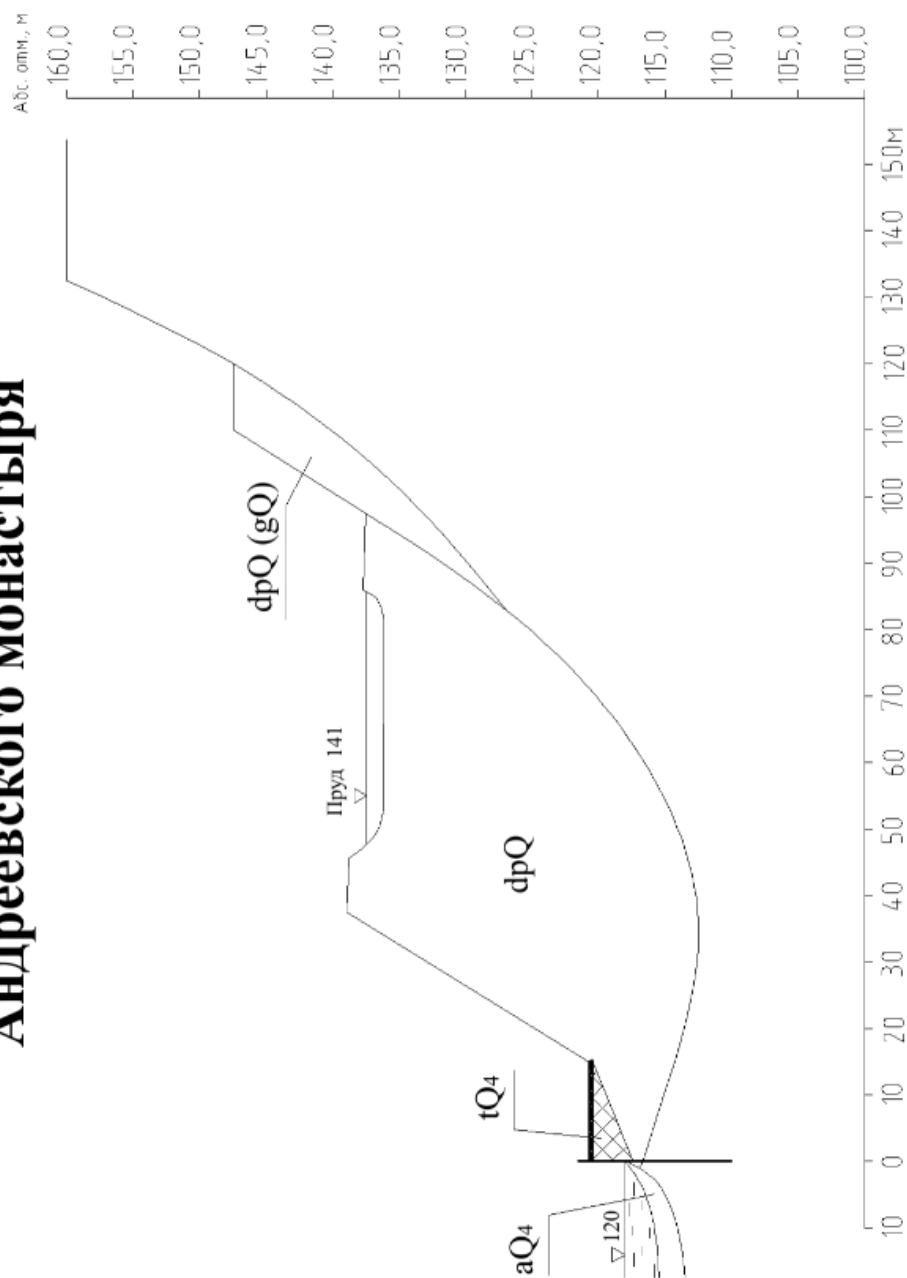


Приложение 3

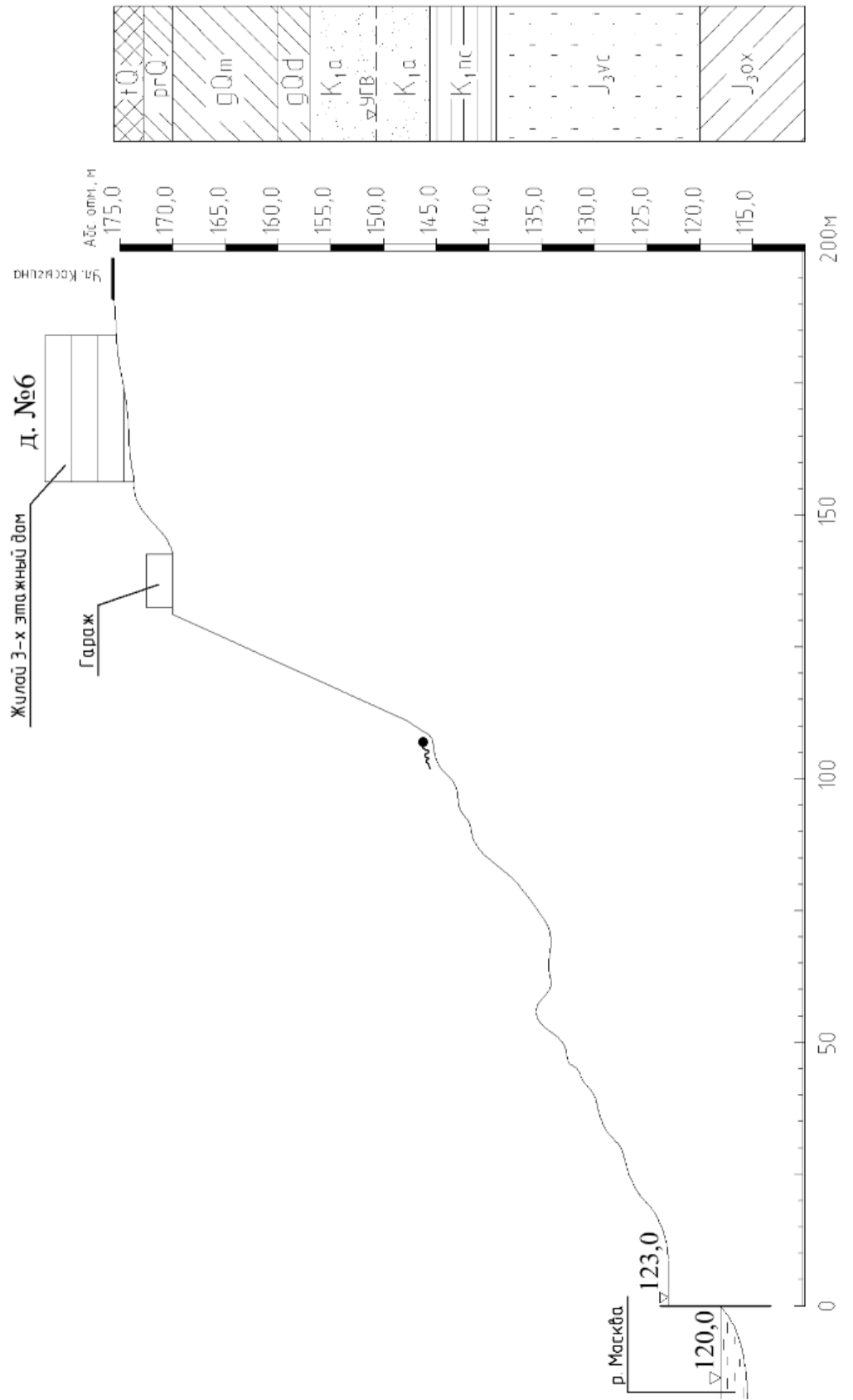
Профиль II-II правого борта оврага в Нескучном саду у пруда



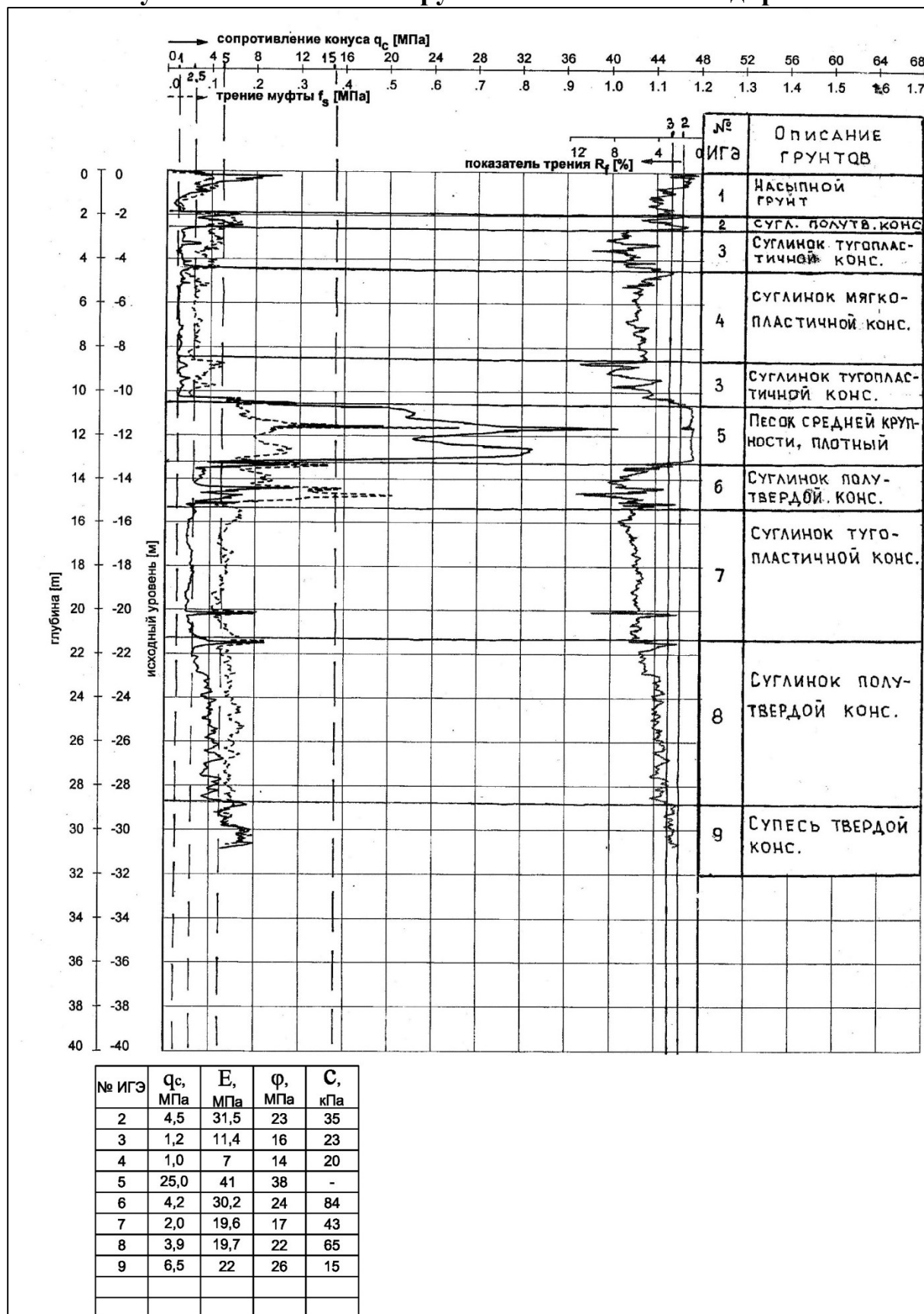
Профиль III-III оползневого склона на правом борту долины р. Москвы у Андреевского монастыря



**Профиль IV-IV
правого борта долины р. Москвы
от д.6 по ул. Косыгина до реки**



Результаты испытания грунтов статическим зондированием

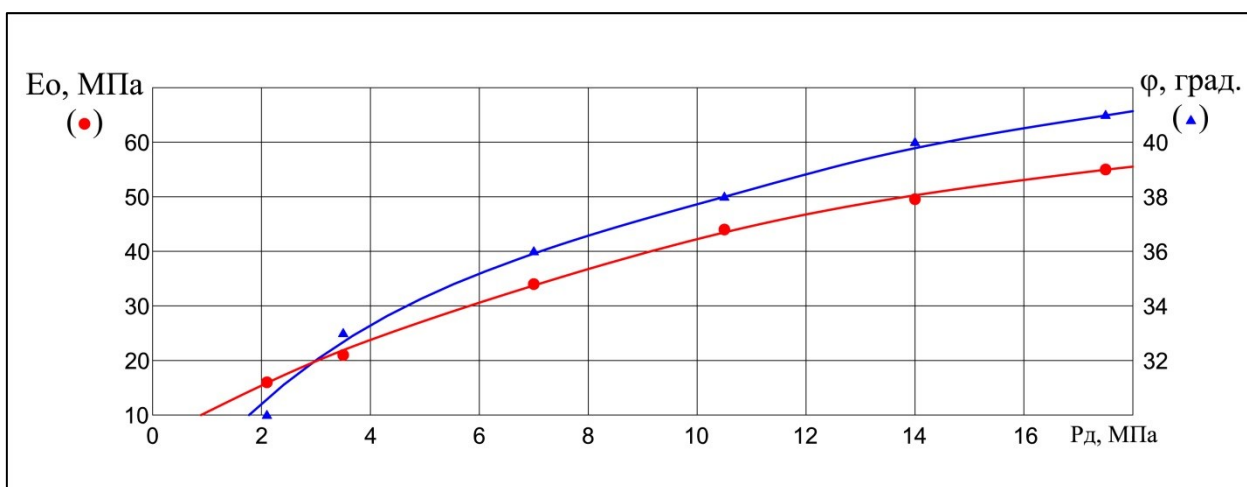


Пример обработки результатов испытания грунтов динамическим зондированием установкой УБП-15 М.

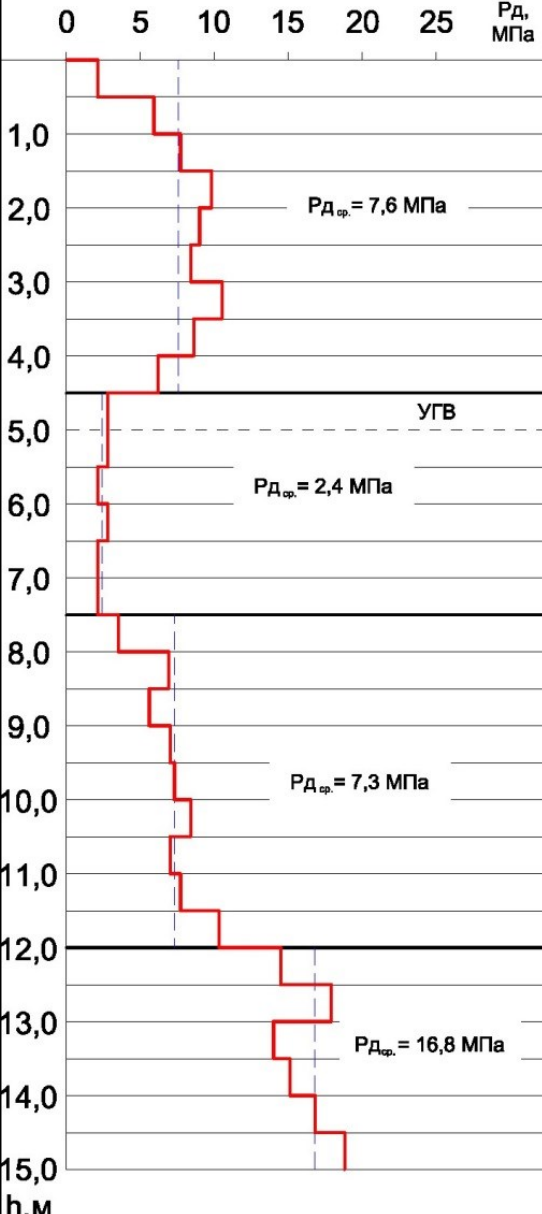
1. Условия проведения испытания:

- испытываемый грунт – песок средней крупности;
- уровень грунтовых вод – 4 м;
- граничные значения показателя динамического зондирования в песках средней крупности для установления категорий относительной плотности сложения независимо от влажности: $R_d < 3,5$ МПа – пески рыхлые; $R_d = 3,5 \div 12,6$ МПа – пески средней плотности; $R_d > 12,6$ МПа – пески плотные.

2. График зависимости модуля общей деформации E_0 (МПа) и угла внутреннего трения φ (град) для песков средней крупности от величины показателя динамического зондирования R_d (МПа).

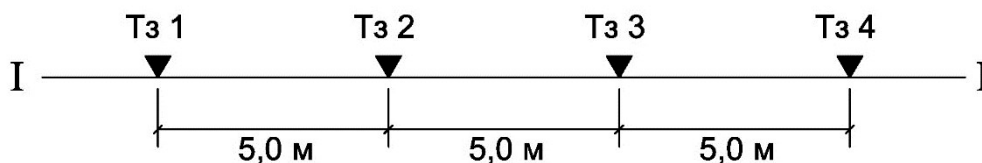


3. Изменение прочностных и деформационных показателей в массиве испытанных грунтов.

Условия проведения испытания :		Вариант № 33		
Песок средней крупности Глубина залегания грунтовых вод - 5,0 м				
График динамического зондирования 		Относи- тельная плотность сложения песков	Модуль общей деформации E_0 , МПа	Угол внутреннего трения ϕ , град.
0 5 10 15 20 25 $R_{д.}$ МПа 1,0 2,0 $R_{д.ср.} = 7,6$ МПа 3,0 4,0		Средней плотности	≈ 35	≈ 36
5,0 $R_{д.ср.} = 2,4$ МПа 6,0 7,0		Рыхлые	≈ 17	≈ 30
8,0 9,0 $R_{д.ср.} = 7,3$ МПа 10,0 11,0 12,0		Средней плотности	≈ 34	≈ 36
13,0 $R_{д.ср.} = 16,8$ МПа 14,0 15,0 $h, м$		Плотные	≈ 53	≈ 41

Пример обработки результатов испытания грунтов динамическим зондированием легким забивным зондом

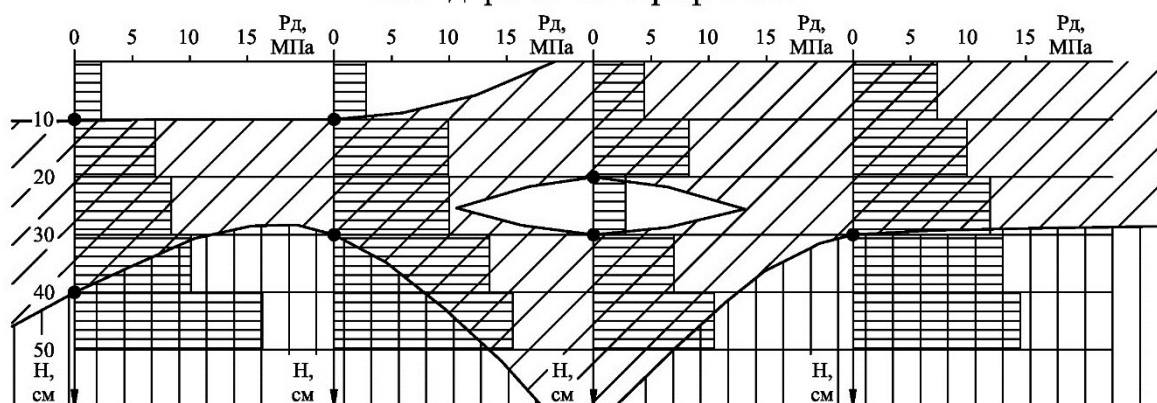
Схема проведения испытаний ЛЗЗ-З



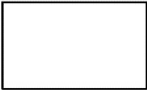
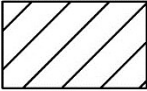
Журнал зондирования

Номер зондировочного профиля	Интервал зондирования, см	Значение показателей зондирования N, уд/дм (Р _д , МПа), в точках проведения испытаний			
		Тз 1	Тз 2	Тз 3	Тз 4
I	0-10	5 (2,3)	6 (2,8)	10 (4,4)	15 (7,3)
	10-20	13 (7,0)	20 (9,9)	17 (8,3)	20 (9,9)
	20-30	18 (8,4)	21 (10,0)	6 (2,8)	24 (11,9)
	30-40	22 (10,1)	28 (13,5)	13 (7,0)	27 (13,0)
	40-50	35 (16,3)	33 (15,5)	21 (10,5)	30 (14,5)

Зоны с различной плотностью сложения на зондировочном профиле I-I



Испытываемый грунт песок средней крупности

-  - зона песков рыхлого сложения (Р_д < 3,5 МПа)
-  - зона песков средней плотности сложения (3,5 ≤ Р_д ≤ 12,6 МПа)
-  - зона песков плотного сложения (Р_д > 12,6 МПа)

Приложение 9

Пример обработки результатов испытания грунтов статическими нагрузками на штамп

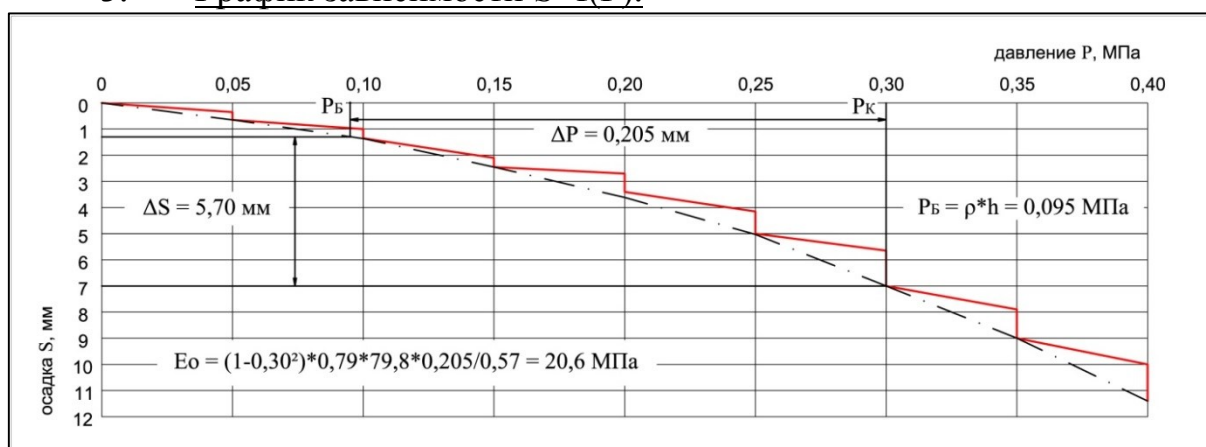
1. Условия проведения испытания

- место проведения испытания – шурф;
- глубина установки штампа – $h=5$ м;
- круглый штамп площадью – 5000 см²;
- диаметр штампа $d=79,8$ см;
- коэффициент жёсткости штампа – $w=0,79$;
- испытываемый грунт – песок;
- коэффициент бокового расширения грунта – $\mu=0,30$;
- плотность грунтов над местом установки штампа $\rho=1,9$ г/см³.

2. Осадки штампа при испытаниях, мм.

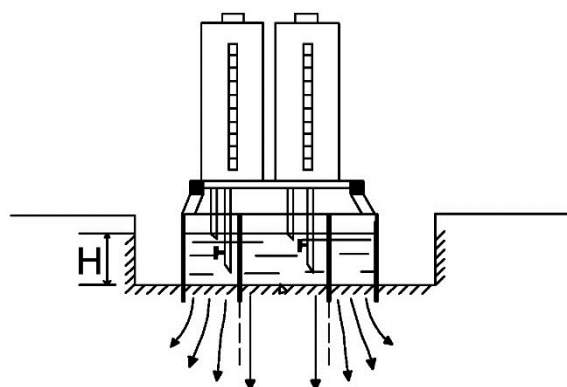
Удельное давление P , МПа	Виды осадок, мм			
	опытные		вычисленные	
	от нагружения S_n	осадка выдерживания S_b	осадка за ступень нагрузки $S_{ст}$	полная осадка $S_{п}$
0,05	0,35	0,30	0,65	0,65
0,10	0,35	0,35	0,70	1,35
0,15	0,75	0,35	1,10	2,45
0,20	0,25	0,70	0,95	3,40
0,25	0,75	0,85	1,60	5,00
0,30	0,65	1,35	2,00	7,00
0,35	0,90	1,10	2,00	9,00
0,40	1,00	1,40	2,40	11,40

3. График зависимости $S=f(P)$.



4. Категория сжимаемости – песок малосжимаемый

Приложение 10 Пример обработки результатов определения коэффициента фильтрации грунта методом налива воды в шурф.



Время замера t , ч. мин	Объем профильтрованной воды V , л	Время начала опыта t , мин	Интервал замеров Δt , мин	Единичный объем ΔV , л	Расход $Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$, л/мин
9.55	0	0	0	0	-
10.00	0,460	5	5	0,460	0,092
10.05	0,810	10	5	0,350	0,070
10.10	1,090	15	5	0,280	0,056
10.15	1,320	20	5	0,210	0,052
10.20	1,500	25	5	0,180	0,036
10.25	1,650	30	5	0,150	0,030
10.30	1,770	35	5	0,120	0,024
10.35	1,880	40	5	0,110	0,022
10.40	1,980	45	5	0,100	0,020
10.45	2,070	50	5	0,090	0,018
10.50	2,150	55	5	0,080	0,016
10.55	2,320	60	5	0,070	0,014
11.00	2,380	65	5	0,060	0,012
11.05	2,425	70	5	0,045	0,009
11.10	2,475	75	5	0,050	0,010
11.15	2,520	80	5	0,450	0,009
11.20	2,570	90	5	0,500	0,010

Расчет коэффициента фильтрации

$$K = \frac{Q_p}{W} = \frac{1.44 \cdot 0.01}{0.04} = 0.36 \text{ м/сут}$$

В журнале наблюдений приведены данные конечной стадии опыта

Пример обработки данных опытных откачек из напорных вод.

Схема опытного куста и положение депрессионной воронки

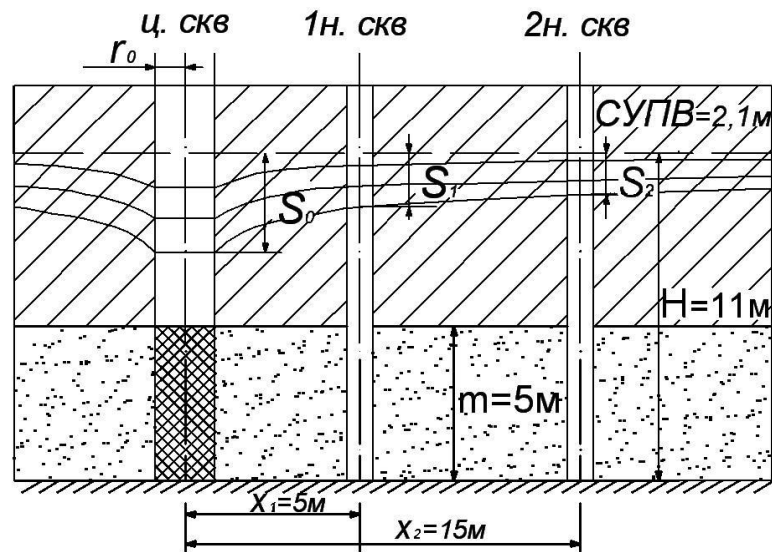
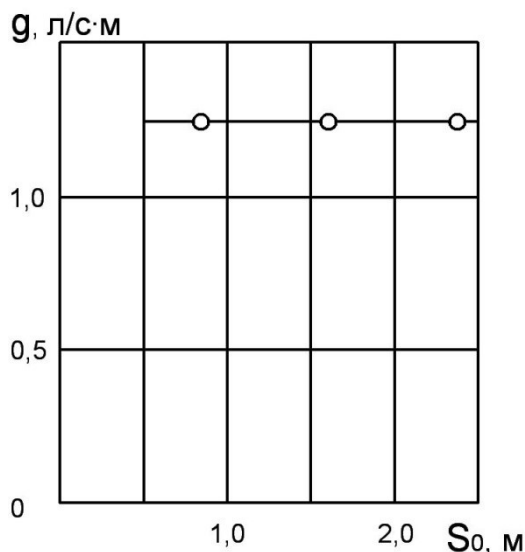


Таблица опытных и расчетных данных

Глубина уровня подземных вод до откачки, м, в скважинах			Расход Q, л/с	Глубина уровня подземных вод при откачке, м, в скважинах			Понижения, м, S ₀ , S ₁ , S ₂ в скважинах			Удельный дебит, $g = \frac{Q}{S}$, л/с·м
Ц	1Н	2Н		Ц	1Н	2Н	Ц	1Н	2Н	
2,10	2,10	2,10	1,0	2,90	2,35	2,25	0,80	0,25	0,15	1,25
			2,0	3,70	2,60	2,40	1,60	0,50	0,30	1,25
			3,0	4,50	2,85	2,55	2,40	0,75	0,45	1,25

График зависимости $g = f(S_0)$



Расчет коэффициента фильтрации:

$$1 \text{ л/с} = 86,4 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$K = 0,366Q \frac{\lg x_2 - \lg x_1}{m(S_1 - S_2)};$$

$$K_1 = 0,366 \cdot 1,0 \cdot 86,4 \frac{\lg 15 - \lg 5}{5(0,25 - 0,15)} = 30,2 \text{ м/сут};$$

;

$$K_2 = 0,366 \cdot 2,0 \cdot 86,4 \frac{\lg 15 - \lg 5}{5(0,5 - 0,3)} = 30,2 \text{ м/сут};$$

$$K_3 = 0,366 \cdot 3,0 \cdot 86,4 \frac{\lg 15 - \lg 5}{5(0,75 - 0,45)} = 30,2 \text{ м/сут};$$

;

$$K_{\text{ср}} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = 30,2 \text{ м/сут}.$$

Пример обработки данных опытных откачек из безнапорных вод.

Схема опытного куста и положение депрессионной воронки

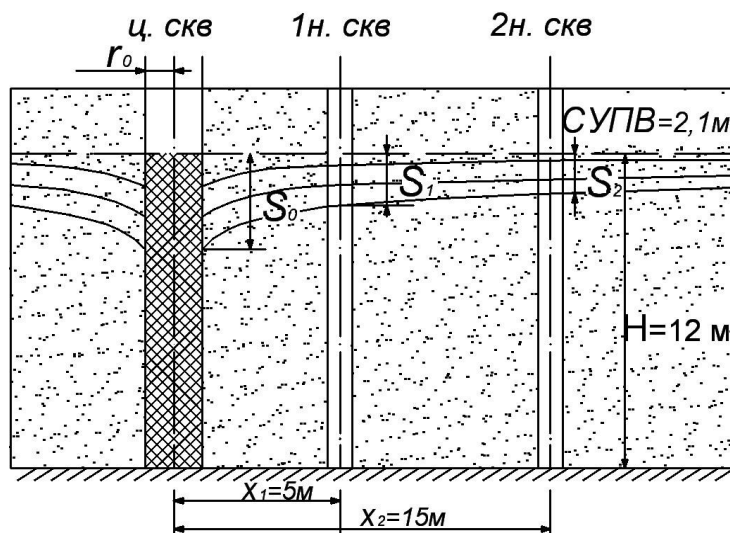
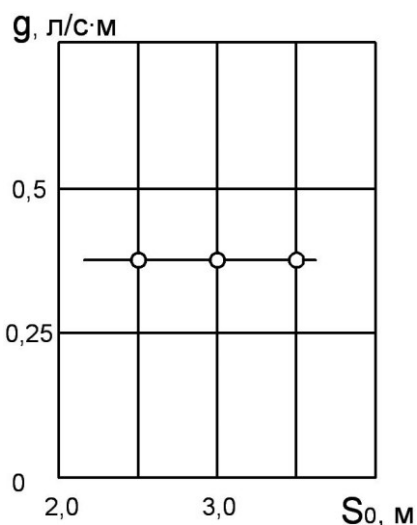


Таблица опытных и расчетных данных

Глубина уровня подземных вод до откачки, м, в скважинах			Расход Q, л/с	Время с начала опыта t, мин	Глубина уровня подземных вод при откачке, м, в скважинах			Понижения, м, S ₀ , S ₁ , S ₂ в скважинах			Удельный дебит, $g = \frac{Q}{S}$, л/с·м
Ц	1Н	2Н			Ц	1Н	2Н	Ц	1Н	2Н	
2,10	2,10	2,10	0,6	10	4,60	2,60	2,35	2,50	0,50	0,25	0,40
			0,9	20	5,10	2,70	2,40	3,00	0,60	0,30	0,40
			1,4	30	5,60	2,80	2,45	3,50	0,70	0,35	0,40

График зависимости $g = f(S_0)$



Расчет коэффициента фильтрации:

$$1 \text{ л/с} = 86,4 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$K = 0,73Q \frac{\lg x_2 - \lg x_1}{(2H - S_1 - S_2)(S_1 - S_2)};$$

$$K_1 = 0,73 \cdot 0,6 \cdot 86,4 \frac{\lg 15 - \lg 5}{(2 \cdot 12 - 0,5 - 0,25)(0,5 - 0,25)} = 5,2 \text{ м/сут};$$

;

$$K_2 = 0,73 \cdot 0,9 \cdot 86,4 \frac{\lg 15 - \lg 5}{(2 \cdot 12 - 0,6 - 0,3)(0,6 - 0,3)} = 5,2 \text{ м/сут};$$

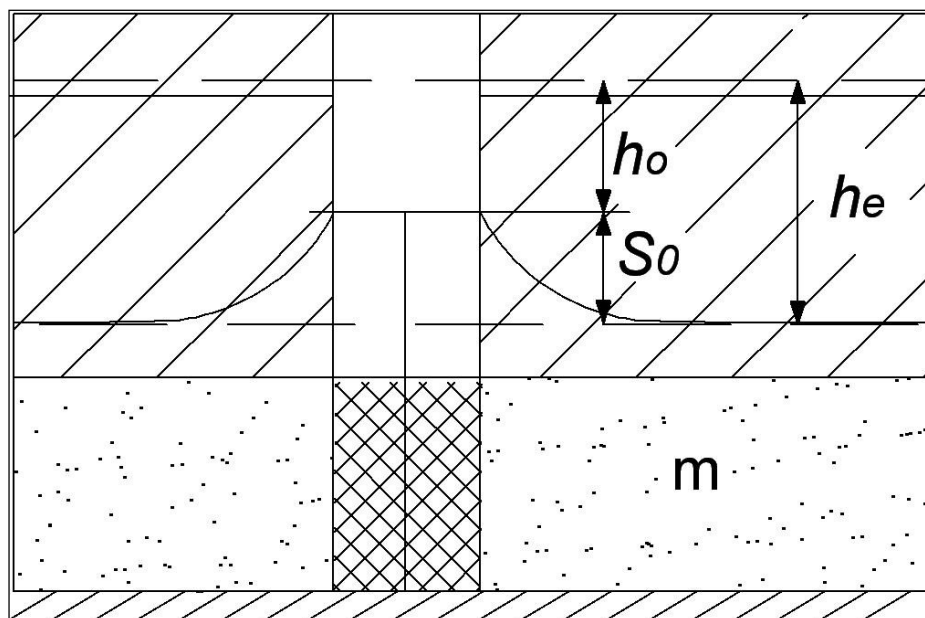
$$K_3 = 0,73 \cdot 1,4 \cdot 86,4 \frac{\lg 15 - \lg 5}{(2 \cdot 12 - 0,7 - 0,35)(0,7 - 0,35)} = 5,2 \text{ м/сут};$$

;

$$K_{\text{ср}} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = 5,2 \text{ м/сут}.$$

**Пример обработки результатов определения коэффициента фильтрации
грунта методом экспресс-налива в скважину**

Схема опытного экспресс-налива



Журнал экспресс-налива

Скважина №651 Диаметр скважины в интервале $h_e-h_{(o)}$		$h_e=2$ м $d=137$ мм $m=10$ м
1	2	3
t, c	$h(t)$	$S(t)=h_e-h_{(t)}, m$
0	1,00	1,00
0,4	1,04	0,96
2,44	1,14	0,86
4,84	1,24	0,76
7,66	1,34	0,66
10,62	1,42	0,58
13,92	1,5	0,50
17,42	1,58	0,42
22,70	1,66	0,34
28,55	1,74	0,26
39,55	1,83	0,17
54,85	1,90	0,10
96,20	1,97	0,03

S_o и S_t – величины напора воды в скважине над естественным уровнем.

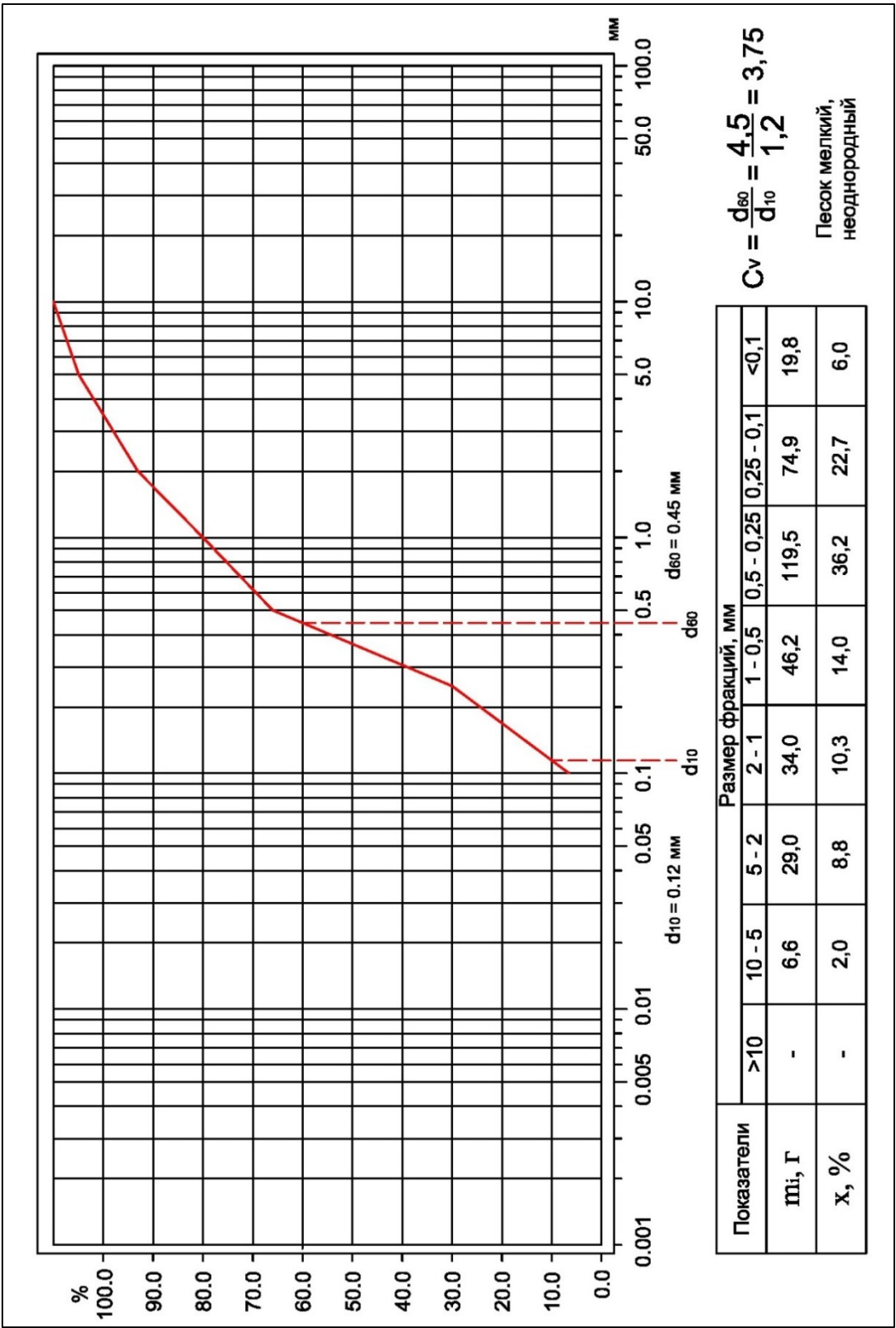
Данные и результаты расчета коэффициентов фильтрации

№ пары	t_1 , с	S_1	T_2 , с	S_2	K , м/сут
1	2,44	0,36	13,92	0,5	3,9
2	4,84	0,76	17,42	0,425	4,1
3	4,84	0,76	28,5	0,26	4,5
4	7,66	0,66	28,5	0,26	4,8
Среднее значение					4,3

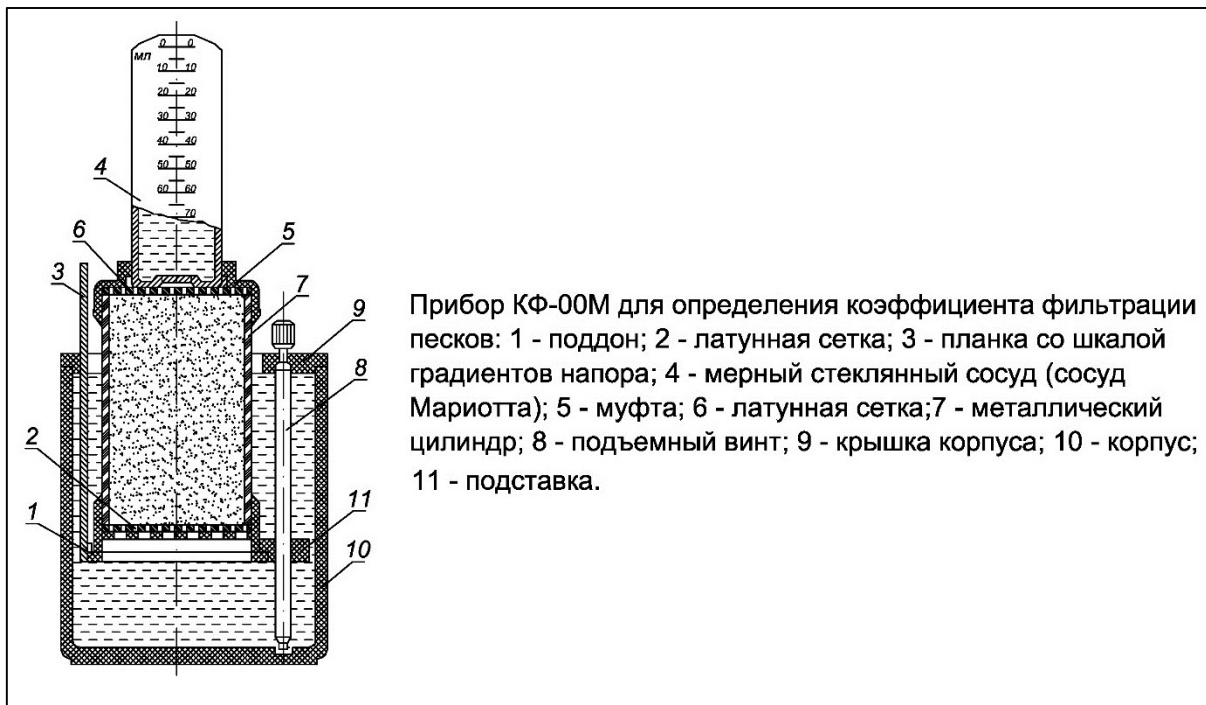
Примечание. Для расчета K_m использовать формулу:

$$K = r_C^2 \ln \frac{t_2}{t_1} / [345600 (\frac{t_2}{\ln S(t_2)} - \frac{t_1}{\ln S(t_1)}) \cdot m].$$

Пример оформления результатов определения гранулометрического
состава песков ситовым методом



Пример обработки результатов определения коэффициента фильтрации в приборе КФ-00М



Журнал наблюдений

№ опыта	Время замера Т, с	Показания мерного баллона, мл		Объем профильтровавшейся воды Q, мл	Напорный градиент i	Температура фильтрующейся воды t, °C
		начало опыта	окончание опыта			
1	300	4	22	18	0,8	18

Испытываемый грунт – песок мелкозернистый.

Температурная поправка:

$$r = (0.7 + 0.03t) = (0.7 + 0.03 \cdot 18) = 1.24$$

Площадь поперечного сечения цилиндра с грунтом:

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = 3.14 \cdot \frac{5.65^2}{4} = 25.09 \text{ см}^2$$

Значение коэффициента фильтрации при температуре 10 °C:

$$K_{10} = \frac{Q \cdot 864}{T \cdot F \cdot i \cdot r} = \frac{18 \cdot 864}{300 \cdot 25.09 \cdot 0.8 \cdot 1.24} = 2.08 \text{ м/сут},$$

где 864 – переводной коэффициент из см/с в м/сут.

**ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД
ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОДЫ**

Наименование объекта	Цвет	без цвета
Место и глубина отбора пробы (м)	Запах	без запаха
	Мутность	прозрачн.

Содержание в литре							
КАТИОНЫ	МГ/Л	МГ- ЭКВ/Л	% МГ- ЭКВ	АНИОНЫ	МГ/Л	МГ- ЭКВ/Л	% МГ- ЭКВ
Кальций Ca ²⁺	198,40	9,90	71	Бикарбонаты	349,09	5,72	41
Магний Mg ²⁺	20,18	1,66	12	Хлориды	71,27	2,01	14
Калий ⁺ Натрий K ⁺ Na ⁺	54,21	2,36	17	Сульфаты	297,31	6,19	44
Железо Fe				Нитраты			
ИТОГО		13,92		ИТОГО		13,92	
РН		6,2		ЖЁСТКОСТЬ	МГ- ЭКВ/Л	в нем. градусах	
СО ₂ свободн. МГ/Л		153,12		Общая	11,6	32,37	
СО ₂ агрессивн. МГ/Л		0		Устранимая	5,76	16,13	
Сухой участок МГ/Л		815,91		Постоянная	5,8	16,24	
Окисляемость							
Примечание:		SO ₄ ²⁻	44	HCO ₃ ⁻	41	CL ⁻	14
		Ca ²⁺	71	K ⁺ Na ⁺	17	Mg ²⁺	12

Исполнитель: _____

Начальник лаборатории: _____

Дата анализа: _____

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ.

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Инженерной геологии и геоэкологии.

ОТЧЕТ

по учебной геологической практике

Состав бригады:

1.(бригадир)
2.
3.
4.

Руководитель практики

(должность, уч. степень, ФИО)

Москва, 20... г.