

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 20.04.02. Природообустройство и водопользование  
 Отделение геологии

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Сравнительная оценка современных методик исследования набухания грунтов строительных площадок г. Кемерово

УДК 624.131.414.3(571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ91	Ли Инесса Дмитриевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Крамаренко Виолетта Валентиновна	К.Г.-М.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Пашков Евгений Николаевич	К.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Савичев Олег Геннадьевич	Д.Г.Н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	способность и готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОПК(У)-2	способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, находить и принимать управленческие решения, формировать цели команды, воздействовать на ее социально-психологический климат в нужном для достижения целей направлении, оценивать качество результатов деятельности
ОПК(У)-3	готовность к изучению, анализу и сопоставлению отечественного и зарубежного опыта по разработке и реализации проектов природообустройства и водопользования
ОПК(У)-4	способность использовать знания методов принятия решений при формировании структуры природно-техногенных комплексов, методов анализа эколого-экономической и технологической эффективности при проектировании и реализации проектов природообустройства и водопользования, проектов восстановления природного состояния водных и других природных объектов
ОПК(У)-5	способность профессионально использовать современное научное и техническое оборудование и приборы, а также профессиональные компьютерные программные средства
ОПК(У)-6	способность собирать, обобщать и анализировать экспериментальную и техническую информацию
ОПК(У)-7	способность обеспечивать высокое качество работы при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования, при проведении научно-исследовательских работ
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>Проектно-изыскательская деятельность</b>	
ПК(У)-1	способность определять исходные данные для проектирования объектов природообустройства и водопользования, руководить изысканиями по оценке состояния природных и природно-техногенных объектов
ПК(У)-2	способность использовать знания методики проектирования инженерных сооружений, их конструктивных элементов, методики инженерных расчетов, необходимых для проектирования систем, объектов и сооружений для природообустройства и водопользования
ПК(У)-3	способность обеспечивать соответствие качества проектов природообустройства и водопользования международным и государственным нормам и стандартам
<b>Научно-исследовательская деятельность</b>	
ПК(У)-6	способность формулировать цели и задачи исследований, применять знания о методах исследования при изучении природных процессов, при обследовании, экспертизе и мониторинге состояния природных объектов, объектов

	природообустройства и водопользования и влияния на окружающую среду антропогенной деятельности
ПК(У)-7	способность разрабатывать и вести базы экспериментальных данных, производить поиск и выбор методов и моделей для решения научно-исследовательских задач, проводить сравнение и анализ полученных результатов исследований, выполнять математическое моделирование природных процессов
ПК(У)-8	способность делать выводы, формулировать заключения и рекомендации, внедрять результаты исследований и разработок и организовывать защиту прав на объекты интеллектуальной собственности
ПК(У)-9	способность проводить поиск, получение, обработку и анализ данных полевых и лабораторных исследований, обследований, экспертизы и мониторинга объектов природообустройства, водопользования
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
ДПК(У)-1	способность осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование  
 Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Савичев О.Г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ91	Ли Инессе Дмитриевне

Тема работы:

Сравнительная оценка современных методик исследования набухания грунтов строительных площадок г. Кемерово	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№12-11/с от 12.01.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования являются процессы набухания строительных площадок города Кемерово. Материалом для выполнения работы послужили результаты инженерно-геологических изысканий проведенные ООО «Геостройизыскания», а так же лабораторных работ выполненных автором.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Описание физико-географических, геологических, гидрологических условий района исследования и оценка инженерно-геологических условий;  2. Обзор и систематизация отечественных и зарубежных методик определения набухания грунтов;  3. Лабораторные определения и анализ состава, диапазона набухания с ростом влажности, физических и физико-механических характеристик грунтов  4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение;  5. Социальная ответственность.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1. Инженерно-геологический разрез.  2. Сводная таблица значений, состава и физико-механических свойств грунта.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Рыжакина Татьяна Гавриловна, доцент ОСГН</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Пашков Евгений Николаевич, доцент ООД</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Выполнить обзор англоязычных источников по теме: Common Determinative Tests of Soil Swelling</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Крамаренко Виолетта Валентиновна	К.Г.-М.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ91	Ли Инесса Дмитриевна		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 20.04.02. Природообустройство и водопользование  
 Уровень образования магистратура  
 Отделение геологии  
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2021
------------------------------------------	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.02.2021	1. Анализ изученности проблемы	
05.03.2021	2. Описание физико-географических, геологических, гидрогеологических условий района исследования и оценка инженерно-геологических условий	
22.03.2021	3. Изучение современных методов определения процессов набухания;	
02.04.2021	4. Лабораторные определения и анализ состава, диапазона набухания с ростом влажности, физических и физико-механических характеристик грунтов	
25.05.2021	6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
27.05.2021	7. Социальная ответственность	
28.05.2021	8. Раздел на английском языке	

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Крамаренко Виолетта Валентиновна	к.г.-м.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Савичев Олег Геннадьевич	д.г.н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ВМ91	Ли Инессе Дмитриевне

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОГ</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление</b>	20.04.02 Природообустройство и водопользование

Тема ВКР:

**Сравнительная оценка современных методик исследования набухания грунтов строительных площадок г. Кемерово**

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: специфические грунты (набухающие). Область применения: проектирование и строительство зданий и сооружений.
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 30.04.2021).</li> <li>– ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</li> <li>– ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.</li> <li>– ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– отклонение показателей микроклимата</li> <li>– превышение уровня шума</li> <li>– недостаточная освещённость рабочей зоны</li> <li>– превышение уровня электромагнитных и ионизирующих излучений</li> <li>– электрический ток</li> <li>– пожароопасность</li> </ul>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– воздействие на атмосферу (выбросы пыли);</li> <li>– воздействие на гидросферу (загрязнение подземных вод при смешивании различных водоносных горизонтов);</li> </ul>

	– воздействие на литосферу (нарушение естественного состояния геологической среды, загрязнение ГСМ, загрязнение производственными отходами);
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Перечень возможных ЧС: – возникновение пожара – землетрясение Выбор наиболее типичной ЧС: – возникновение пожара

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Пашков Евгений Николаевич	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ91	Ли Инесса Дмитриевна		



**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ВМ91	Ли Инессе Дмитриевне

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение</b>	Отделение геологии
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление</b>	20.04.02 Природообустройство и водопользование

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

Сравнительная оценка современных методик исследования набухания грунтов строительных площадок г. Кемерово	Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета разработки	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет проекта
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ВМ91	Ли Инесса Дмитриевна		

## Оглавление

Реферат .....	13
Введение .....	14
ОБЩАЯ ЧАСТЬ .....	15
1.1 Административное положение города .....	15
1.2 Физико-географическая характеристика города Кемерово .....	16
1.2.1 Геоморфология и рельеф .....	16
1.2.2 Климатические условия .....	17
1.2.3 Гидрологические и гидрогеологические условия города Кемерово ....	19
1.2.4 Почвенный покров .....	20
1.2.5 Животный и растительный мир.....	20
1.3 Инженерно-геологические условия.....	22
1.3.1 Изученность инженерно-геологических условий.....	22
1.3.2 Геологическое строение районов работ.....	23
1.3.3 Стратиграфия.....	24
1.3.4 Тектоника.....	31
1.3.5 Неотектоника.....	32
1.3.6 Геологические процессы и специфические грунты .....	33
1.3.7 Характеристика участков проведения работ .....	35
СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ .....	37
2.1 Описание набухающих грунтов .....	37
2.2 Обзор методик определения набухания грунтов .....	41
2.3 Исследования на набухание грунтов согласно ГОСТ 12248-2010 .....	46
2.4 Определения диапазона набухания грунтов и изменения физико-механических показателей с ростом влажности .....	55
Вывод.....	92

СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	94
Введение .....	94
3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	95
3.2 Производственная безопасность .....	96
3.2.1 Отклонение показателей микроклимата .....	98
3.2.2 Превышение уровня шума .....	99
3.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	100
3.2.4 Превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений .....	104
3.2.5 Электрический ток .....	105
3.2.6 Пожароопасность .....	107
3.3 Экологическая безопасность (охрана окружающей среды).....	109
3.3.1 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды .....	109
3.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	110
3.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований .....	111
3.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	112
Вывод.....	114
ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	115
4.1 Предпроектный анализ .....	117
4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	117
4.3 SWOT-анализ.....	119
4.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	122

4.4.1 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....	124
4.5 Планирование управления научно-техническим проектом .....	124
4.6 Бюджет научного исследования .....	127
4.6.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты .....	127
4.7.2 Специальное оборудование для выполнения работ .....	128
4.7.3 Основная заработная плата .....	129
4.6.4 Отчисления по внебюджетные фонды .....	130
4.6.5 Прочие прямые расходы .....	131
4.6.6 Накладные расходы .....	131
4.7 Реестр рисков проекта .....	131
4.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности .....	132
4.9 Оценка сравнительной эффективности исследования .....	137
Вывод .....	140
Список литературы .....	141
Приложение А .....	145
Приложение Б (Инженерно геологический разрез) .....	158
Приложение В (Сводная таблица физико-механических свойств гунтов) .....	159

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 159 страниц, 53 рисунка, 90 таблиц, 51 источник, 2 приложения.

Ключевые слова: инженерная геология, инженерно-геологические условия, набухающие грунты, физико-механические свойства грунтов, влажность грунтов.

Объектом исследования являются набухающие грунты в городе Кемерово.

Цель работы – провести сравнительную оценку современных методик исследования набухания грунтов на примере строительных площадок г. Кемерово.

В процессе исследования проводились лабораторные опыты определения физико-механических свойств грунтов, тесты на определения процессов набухания.

В результате исследования было доказано, что при изысканиях необходимо определять показания всего диапазона процессов набухания и применять FSI методику в качестве экспресс теста.

Степень внедрения: результаты испытаний могут быть применены на практике при инженерных изысканиях в районах развития набухающих грунтов.

Область применения: Инженерные изыскания в области строительства

Значимость работы – полученные данные доказывают, что определяемые по действующим методам показатели не полностью характеризуют изменения физико-механических свойств.

В будущем планируется дополнить работу лабораторными испытаниями по зарубежным методикам при оптимальной плотности и максимальной влажности

## Введение

Набухающие грунты относятся к специфическим грунтам, которые могут создавать ряд проблем для инженеров-строителей. Такие грунты претерпевают значительное изменение в объеме, так как при смачивании они способны к расширению.

Легкогруженные инженерные сооружения, такие как тротуары, одноэтажные здания, железные дороги или пешеходные дороги, могут испытывать серьезные повреждения, когда они возведены на набухающих грунтах.

Проблема строительного освоения территорий, сложенных набухающими грунтами, в настоящее время является весьма актуальной. Недооценка их набухания явилась причиной повреждения многих промышленных и гражданских сооружений. Несмотря на то, что процессы набухания существенно осложняют строительство и эксплуатацию зданий и сооружений, районы их распространения интенсивно осваиваются. Это объясняется дефицитом свободных территорий для строительства, темпы которого в последнее время показывают тенденции к росту.

*Цель работы* – провести сравнительную оценку современных методик исследования набухания грунтов на примере строительных площадок г. Кемерово.

*Задачи:* описать физико-географические, геологические, гидролагические условия района исследования и оценить инженерно-геологические условия; изучить и систематизировать отечественные и зарубежные методики определения набухания грунтов; провести лабораторные испытания и анализ состава, диапазона набухания с ростом влажности, физических и физико-механических характеристик грунтов.

В данном исследовании описаны наиболее характерные свойства набухающих грунтов.

*Объектом исследования* выступают методы, применяемые для расчета процессов набухания грунтов.

# ОБЩАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Административное положение города

Город Кемерово является административным центром Кемеровской области, расположен по двум берегам реки Томи на юго-востоке Западной Сибири. На западе город граничит с Новосибирской областью, на юге – с республикой Алтай, на юго-западе граничит с Алтайским краем, на севере с Томской областью, на северо-востоке – с Красноярским краем и на востоке граничит с Хакасией.

В левобережной части города находятся Центральный, Заводский, Ленинский районы и жилые районы Пионер, Ягуновский; на правом берегу расположены: Кировский, Рудничный районы и жилые районы Промышленновский, Кедровка и город-спутник Лесная Поляна.

Город Кемерово является промышленным и областным центром юго-западной Сибири. Площадь города в 2020 году равняется 294,8 км<sup>2</sup>. Население города за 2020 год составляет 556382 человек.



Рисунок 1.1- Схематическая карта города Кемерово Масштаб 1:7000 [49]

На территории города более 100 промышленных предприятий, таких как угледобывающих, химических, машиностроительных, энергетических и других отраслей.

В пределах города выделяет 5 административных районов: Ленинский, Центральный, Заводской, Рудничный и Кировский. Все районы также разделены на микрорайоны.

## **1.2 Физико-географическая характеристика города Кемерово**

### **1.2.1 Геоморфология и рельеф**

Город Кемерово расположен, на юго-востоке Западной Сибири, в центре Кузнецкой котловины, в северной части Кузнецкого угольного бассейна, на обоих берегах реки Томи, в среднем ее течении, при впадении в нее реки Искитимки [1].

Географические координаты города Кемерово –  $55^{\circ} 14'$  с.ш. и  $86^{\circ} 07'$  в.д. Город представляет собой увалистую равнину, значительная часть которой занята смешанной тайгой, переходящей на юго-западе в лесо-степную зону. В рельефе преобладают широкие плоские водоразделы, расчлененные многочисленными реками и ручьями, русла которых большей частью заболочены. Высотные отметки изменяются от 110 (р. Томь) до 307 м. Относительные превышения составляют 45-120 м [1].

Междуречье рек Барзас-Золотой Китат в центральной части занимает предгорье Кузнецкого Алатау (Пезасско-Золотокитатское поднятие) с низкогорным рельефом, пологими водоразделами и развитой гидросетью. Долины рек и плоские водоразделы заболочены. Местность полностью покрыта смешанной тайгой. Абсолютные отметки поверхности колеблются от 177 до 467 м, при относительных превышениях – 80-230 м [1].

Правобережье р. Золотой Китат на северо-востоке (южная окраина Чулымо-Енисейской впадины) представляет собой понижающуюся на север



слабо всхолмленную равнину с широкими плоскими водоразделами. Абсолютные отметки изменяются здесь от 221 до 287 м, относительные превышения составляют 20-60 м. На юго-западе территории протекает главная река Кузнецкой впадины – Томь. Реки Алчедат и Яя с основными притоками Золотой Китат и Барзас относятся к системе р. Чулыма. Реки замерзают в ноябре, вскрываются в конце апреля [1].

### **1.2.2 Климатические условия**

В соответствии с СП 131.13330.2018 район изысканий входит в климатический район IV. Климат района работ – резко-континентальный, с холодной продолжительной зимой и коротким теплым летом [22].

Город Кемерово расположен в умеренном поясе северного полушария. Климат города формируется преимущественно под воздействием воздушных масс арктического происхождения. В период летних месяцев арктический воздух взаимодействует с прогретым континентальным воздухом, тем самым вызывая образование осадков и облачности. Так же на территории города Кемерово наблюдается вхождение атлантических и сухих среднеазиатских воздушных масс. Зимой поступает континентальный холодный воздух из центральных районов Сибири и атлантический воздух с циклонами из Арктики.

Главные пути циклонов проходят по северным районам Западной Сибири, вследствие чего на территории данного района наблюдаются сильные ветра, облачность и обильные снегопады. Зима здесь длительная и суровая, с низкими температурами воздуха. Начиная с ноября до марта температура воздуха может достигать  $-30^{\circ}\text{C}$ . Период без заморозков составляет 2-3 месяца, однако в некоторые периоды времени заморозки также могут наблюдаться и в середине лета [23].

Средняя многолетняя температура воздуха, по данным метеостанции представлена в таблице 1.1.4.1

Таблица 1.1.4.1

Средняя многолетняя температура воздуха (°С):

Янв.	Фев.	Март.	Апр.	Мая	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
-18,8	-16,9	-9,8	1	9,7	16,3	18,8	15,4	9,5	1,3	-9,6	-16,9

Продолжительность: теплого периода- 198 дней, холодного периода – 167 дней.

Таблица 1.1.4.2

Среднемесячное и годовое количество осадков, мм

Янв.	Фев.	Март.	Апр.	Мая	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
18	14	14	21	44	59	70	62	44	35	27	21

В среднем за год осадков на территории изысканий выпадает 429 мм. В годовом ходе - максимум месячных осадков приходится на июль 70 мм, а минимум на февраль-март - 14 мм. Наибольшая высота снежного покрова - 48 см.

Согласно СП 20.13330.2016 - снеговой район IV, расчетное значение веса снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли  $S_g = 2,4$  кПа (240 кгс/м<sup>2</sup>). Преобладают южные и юго-западные направления ветра. Скорость ветра, вероятность превышения которой составляет 5 %, равна 13 м/с [23].

Таблица 1.1.4.3

Средняя многолетняя и годовая скорость ветра, м/с

Янв.	Фев.	Март.	Апр.	Мая	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
3,7	3,3	3,3	3,6	3,9	2,9	1,9	2,2	2,4	3,6	4,1	3,1

Среднегодовая скорость ветра – 3,2м/с. Максимальная скорость ветра - 40 м/с. Согласно СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» - ветровой район III, нормативное значение ветрового давления  $w_0=0,38$  кПа (38 кгс/м<sup>2</sup>) [23]

Таблица 1.1.4.4

Влажность воздуха, %

Янв.	Фев.	Март.	Апр.	Мая	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
79	78	75	67	58	67	73	76	75	77	80	80

### 1.2.3 Гидрологические и гидрогеологические условия города Кемерово

По территории области протекает 32 109 рек общей протяженностью 245 152 км. Наиболее крупные реки – Томь, Кия, Иня, Яя.

Площадь земель водного фонда составляет 27 тыс. га, или 0,3 % всего земельного фонда Кемеровской области.

Озер в области – 850 – суммарной площадью 101 км<sup>2</sup>, в основном они расположены в горах и долинах рек [2].

Река Томь – правобережный приток, впадающий в р. Обь, пересекает Кузнецкую впадину с юго-востока на северо-запад, увеличивая свой расход с 650 м<sup>3</sup> /сек у г. Новокузнецка до 1 100 м<sup>3</sup> /сек у г. Кемерово. В верховье р. Томь порожиста, имеет узкую долину, крутые и высокие берега.

Ниже впадения рек Усы и Мрас-Су долина ее расширяется, местами ширина поймы составляет 2-3-6 км, течение становится более спокойным. В районе г. Кемерово ширина долины Томи достигает 16 км. Питание, смешанное с преобладанием снегового, которое для малых притоков степной и лесостепной доля снегового питания снижается до 50%, что связано с повышением роли дождевого стока и относительно большим притоком подземных вод.

Томь берет свое начало в Кузнецком Алатау и имеет общую длину 839 км. На территории Кузнецкого бассейна ее длина составляет 420 км. В пределах западных склонов Кузнецкого Алатау и Салтымаковского хребта Томь является типично горной рекой с узкой глубоко врезанной долиной; в северной части бассейна происходит выполаживание русла и образуется широкая разработанная долина. Площадь водосбора р. Томи у Кемерово составляет 29 800 км<sup>2</sup>, максимальный многолетний расход – 8760 м<sup>3</sup> /с, средний – 928 м<sup>3</sup> /с, а минимальный – 61,6 м<sup>3</sup> /с. Наивысший уровень воды у г. Кемерово составил 1019 см [3].

Реки бассейна р. Чумыша (Кия, Яя, Золотой Китат) берут начало с северных отрогов Кузнецкого Алатау и расчленяют Причулычское плато.

Долины их широкие, хорошо разработанные с умеренно крутыми склонами. Средние скорости течения этих рек составляет в межень 0,2-0,6 м/сек, в паводок 0,8-3 м/сек. Все они характеризуются высокой.

Река Черта – правый приток Верхнеобского бассейна, длина реки составляет 23 км. Водный режим р. Черта характеризуется высоким весенним половодьем, дождевыми паводками, кратковременной летней и четко выраженной зимней меженью [3].

Для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, рыбозаповедения и рекреации наиболее крупными водохранилищами являются Беловское, Кара-Чумышское, Журавлевское и Дудетское [3].

#### **1.2.4 Почвенный покров**

Кузнецкая котловина характеризуется серыми почвами, выщелоченными и оподзоленными, среднемощными и мощными черноземами, горные массивы – дерново-подзолистыми почвами. Наиболее благоприятные природные условия для сельскохозяйственного производства в центральных степных и лесостепных районах [6].

Черноземные почвы в отличие от всех других почв обладают самым высоким плодородием. Они во многих районах области (Промышленновском, Беловском, Ленинск-Кузнецком, Юргинском, Прокопьевском) составляют основной фонд пашни, в меньшем количестве встречаются в других районах [6].

Общая площадь земель в административных границах Кемеровской области по состоянию на 31.12.2013 составляет 9572,5 тыс. га. [6].

#### **1.2.5 Животный и растительный мир**

На равнинных территориях Кузнецкой котловины, на плодородных выщелоченных суглинистых черноземах растут ковыльные и разнотравные

степи, по логам на серых слабоподзоленных почвах кустарники, березовые и осиновые группы деревьев - колки. Черноземы Кузнецкой котловины имеют хорошую зернистую структуру и аэрацию, гумусовый горизонт до 45 см и содержание гумуса 14%.

В лесостепных массивах здесь повсеместно растет береза, светлые березовые леса растут в предгорьях кузнецких горных хребтов по периферии котловины и выше на склонах гор является подлеском тайги. Наряду с березняками в предгорьях Кузнецкой котловины, вокруг городов и по берегам Томи часто встречаются сухие и светлые сосновые леса. На высоких водоразделах, на склонах лощин встречаются ельники [4].

В подлеске сосновых и березовых лесов наблюдается обилие ягодных кустарников шиповника, смородины, малины, рябины, много ягод земляники и грибов. В травянистых зарослях много лекарственных трав подорожника, кровохлебки, пижмы, мать-и-мачехи.

В лесах Кузнецкой котловины произрастает множество редчайших и исчезающих растений купальница азиатская, ятрышник, ветреница, Венерин башмачок, кандык сибирский, медуница мягчайшая, гусиный лук, первоцвет крупночашечковый, прострел, родиола розовая, адонис весенний, девясил, левзея сафроловидная, лилия-саранка [4].

В Кузнецкой котловине богатейшая фауна, здесь огромное количество диких животных. Степные просторы в центре котловины населяют животные степного природного сообщества. В основном, это травоядные животные, множество грызунов, мышей, полевок, сусликов, сурков, зайцев. Живут здесь зерноядные и насекомоядные птицы, степные орлы и перепела, жаворонки и канюки, дрофа и лунь, болотные совы и канюки, среди хищников лисицы и волки.

В степи высажены лесные защитные полосы, в которых тоже селится множество животных и птиц. Как только лес по защитной полосе подрастает, смыкается кронами, образует ярусность, сюда переселяется множество животных и птиц.

Здесь начинают устраивать гнезда грачи и славки, горлинки и кобчики, сорокопуть-жуланы и куропатки, строят норы землеройки и хорьки, горностаи и лисицы, ласки и ежи. Даже с изменениями ландшафта, связанных с распашкой плодородных земель и добычей минеральных ресурсов, животные приспосабливаются к новым условиям жизни. Некоторые из них полевки, полевые жаворонки, хомяки, серые куропатки, перепела и дрофы, зайцы-русаки даже расширяют ареал, продвигаются севернее в леса и горы [4].

Многие животные в связи с постоянным увеличением в Кузнецкой котловине антропогенных ландшафтов строительством городов и крупных поселков, высадкой парков и садов, развитием приусадебного и дачного хозяйства приспособились жить рядом с человеком. В городских и сельских постройках живут полевые и домовые мыши, насекомые и серые крысы, в овинах гнездятся неясыти и сипухи, синицы и воробьи, домовые сычи и ласточки.

В городах и селах рядом с людьми обитают стрижи и галки, сороки и скворцы, деревенские ласточки и аисты. На крышах и в нишах построек гнездятся мухоловки и горихвостки, голуби и летучие мыши. В городских парковых зонах и садах всегда можно встретить зябликов и горлиц, трясогузок и синиц. Вблизи водоемов в пригородной зоне обитают выдры и бобры [4].

### **1.3 Инженерно-геологические условия**

#### **1.3.1 Изученность инженерно-геологических условий**

В 30-х годах большое количество инженерно-геологических исследований проведено на строительных площадках промышленных объектов и городов Кузбасса, под строительство гидротехнических и железнодорожных сооружений в Кемеровской области. Результаты исследований, выполнявшихся ЗСГУ совместно с Сибгипротрансом в 1938-1939 гг., освещены в печати (Кучин, 1938). В конце 40-х годов значительные инженерно-геологические

исследования выполнены трестом Кузбассуглегеология в Ленинск-Кузнецком и Томь-Усинском угленосных районах. В начале 60-х годов по заданию Гипрогорас целью составления Генеральной схемы перепланировки городов Кузбасса ЗСГУ были произведены крупномасштабные инженерно-геологические съемки, охватившие районы крупных городов Кузбасса. Первая обзорная инженерно-геологическая карта территории Кемеровской области была составлена в 1963-1967 гг. При подготовке тома инженерно-геологическая карта 1964 г. существенно дополнена и уточнена. [5]

### **1.3.2 Геологическое строение районов работ**

Геологическое строение территории города представлено восточной частью Кузнецкого прогиба, выполненного средне-верхнепалеозойскими отложениями.

На территории распространены стратифицированные образования позднего докембрия, раннего, среднего и позднего палеозоя, мезозоя, а также чехол рыхлых неоген-четвертичных образований. Эти факторы определили богатое разнообразие полезных ископаемых, в основном это каменный уголь и железные руды [6].



Рисунок 1.3.2.1 - Фрагмент геологической карты (Куртигешев В.С., Бычков А.И., Шатилова Г.А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Кузбасская. Лист N-45-III (Кемерово)). Масштаб 1:200000 [6]

участок изысканий №1

участок изысканий №2

### 1.3.3 Стратиграфия

Стратиграфия города Кемерово представлена отложениями позднего докембрия, раннего, среднего и позднего палеозоя, мезозоя, а также чехлом рыхлых неоген–четвертичных образований.

*Голоцен*

*Аллювиальные отложения пойменных террас (aH)*

Отложения пойменных террас распространены по всем рекам района в виде непрерывных полос, протягивающихся вдоль русел рек, шириной от



десятков метров до 2,5 км. В долинах крупных рек (Томь, Яя, Барзас, Золотой Китат) они включают в себя осадки высокой поймы и вложенные в них отложения низкой поймы. Основания террас сложены русловыми образованиями: полимиктовыми галечниками, гравием, песками. В долинах рек юго-восточной части Кузнецко-Алатауского низкогорья в составе руслового аллювия отмечается примесь крупнообломочного неокатанного материала. В верхней части террас преобладают пойменные осадки: серые, синеватые и желто-серые суглинки, илы, супеси; местами в них содержатся линзы торфа мощностью до 3,8 м. В долинах мелких равнинных рек аллювий представлен преимущественно суглинками с небольшими линзами песков и полуокатанного гравия местных пород. Отложения поймы врезаны в аллювий I надпойменной террасы или в более древние образования. Их подошва располагается на 2-10 м ниже уреза рек. Мощность отложений составляет 5-16 м.

#### *Техногенные отложения (tH2)*

Техногенные отложения развиты главным образом в Кузнецкой котловине в районе городов Кемерово и Березовский в местах интенсивной добычи каменного угля. Это отвалы угольных разрезов, терриконы шахт и осадки гидроотстойников. Сложены они глыбами, щебнем углевмещающих и глинами вскрышных пород. Породные отвалы складированы как внутри, так и за пределами карьерных выемок, где они представляют собой насыпные конусы (терриконы) высотой до 50 м или усеченные террасированные пирамиды высотой до 30 м и более. Нередко отвалами заполнены прилегающие к углеразрезам лога.

Особую категорию техногенных образований представляют гидроотвалы (отстойники). Это перегороженные земляными плотинами долины небольших рек или обнесенные дамбами участки, заполненные осадками транспортированной трубопроводами с угольных разрезов пульпы. В большинстве случаев отложения представлены переотложенными суглинками и

глинами с примесью песка, гравия и щебня местных пород. Площадь отстойников достигает 5 км<sup>2</sup>, а мощность осадков – 10 метров.

Долины многих речек низкогорья Кузнецкого Алатау покрыты узкими выемками и отвалами в результате старательских и дражных работ

#### *Верхнее звено*

#### *Еловская свита (LIIIel)*

Свита залегает почти сплошным покровом на более древних образованиях и отсутствует лишь на крутых склонах и пойменных террасах. Сложена она палево-желтыми, желтоватосерыми, карбонатными, пористыми лессовидными суглинками и алевролитами с нечетко выраженными горизонтами ископаемых почв мощностью 0,1-1,5 м. В Кузнецкой котловине залегает с нечеткой границей, в основном на лессовидных суглинках бачатской свиты, отличаясь от последних более мягким цветом, большими пористостью, легкостью, водопроницаемостью. В Кузнецко-Алатауском низкогорье подстилающими породами являются как плотные, водонепроницаемые отложения кедровской и сергеевской свит, и в этом случае еловские суглинки приобретают серый оттенок, становятся более плотными, иловатыми с примазками соединений железа и марганца, так и коренные породы разного возраста и состава – тогда в основании разреза появляется примесь мелкообломочного материала. Мощность еловской свиты варьирует от 0,5 м до 10 м в Кузнецкой котловине до 5-8 м в Кузнецко-Алатауском низкогорье [7, 8].

#### *Верхнее звено*

#### *Аллювиальные отложения III надпойменной террасы (a3 III)*

Аллювиальные отложения III надпойменной террасы распространены по обоим бортам рек Томи и Золотого Китата. Терраса хорошо выражена в рельефе и уверенно картируется по аэрофотоснимкам. По реке Томи ее высота составляет 35-45 м. Аллювий террасы врезан в палеозойские образования и перекрыт лессовидными суглинками еловской свиты. По данным Г.Р. Холявко [9] и А.Ф. Щигрева [10, 11], в основании разреза, непосредственно на коренных породах, залегает песчано-гравийно-галечниковый горизонт мощностью от 3 до

12 м, который на 50-60 % сложен средними и крупными хорошо окатанными гальками кварца, кремнистых и изверженных пород, и на 10-15 % – кварцевым гравием и разнозернистым полимиктовым песком с супесчаным заполнителем. Над галечниками часто залегает невыдержанный по простиранию слой желто-бурого мелко- и среднезернистых песков мощностью 0,5-6,0 м. Русловой аллювий перекрывается пойменными, болотными и старичными осадками мощностью до 25-30 м. Обычно это буроватосерые, синевато- и зеленовато-серые тяжелые суглинки, содержащие растительные остатки и фауну пресноводных моллюсков. Среди них довольно часты прослой и линзы серых, бурых, голубовато- и зеленовато-серых мелкозернистых глинистых песков и супесей мощностью до 13 м. Общая мощность осадков террасы достигает 37 м.

#### *Аллювиальные отложения II надпойменной террасы (а 2 III)*

Аллювиальные отложения II террасы развиты в долинах всех крупных и средних рек. Наибольшей площадью и мощностью выделяются террасы рек Томи, Золотого Китата и Яи. Терраса аккумулятивная, характеризуется высотой 10-30 м, четко выражена в рельефе. По данным Г.Р. Холявко [9], в долине реки Томи в черте г. Кемерово в основании террасовых отложений на выветрелых палеозойских породах залегает слой гравийно-галечниковых отложений мощностью от 3 до 12-13 м, сложенный средними и крупными гальками с примесью (10-15 %) гравия. Заполнителем (20-25 %) служит мелко- и среднезернистый полимиктовый песок. Гальки и гравий состоят преимущественно из кварца, кремнистых и эффузивных пород. Размер гальки – в среднем 3-5 см, однако, в большем количестве, чем в других террасах, встречается крупная галька и валуны. Галечники иногда включают в себе линзы и невыдержанные прослой песков и гравия. В отличие от более высоких террас, они практически не заиленные. Гравийногалечниковый горизонт часто перекрывается выдержанным слоем мелко- и среднезернистых полимиктовых песков мощностью шесть-восемь метров, завершающих русловой аллювий. Мощность последнего достигает 20 м, составляя в среднем 5-10 м. Русловая фация перекрывается толщей суглинков, супесей и глин мощностью 15-20 м.

Это пойменные, болотные и старичные образования, невыдержанные фациально и чередующиеся в разрезе. Они представлены серыми, бурыми, зеленоватыми, синеватыми суглинками, иногда песчанистыми, с линзами и прослоями мелкозернистых песков и супесей, часто содержащими растительные остатки и фауну пресноводных раковин. Выше залегают покровные лессовидные суглинки еловской свиты. Строение террасы других рек аналогичное, но мощность отложений меньше. Аллювий содержит кости представителей верхнепалеолитического комплекса: шерстистого носорога *Coelodonta antiquitatis* Blum., лося *Alces alces* L., первобытного бизона *Bison priscus* Woj.; грызунов: *Clethrionomys* sp., *Lagurus*, *Microtus* sp., *Lemmus* sp., *Myopus* sp., *Pitymys* ex gr. *gregaloides*, характеризующих, по мнению Л.И. Галкиной, вторую стадию похолодания в позднем плейстоцене. Комплекс ископаемой флоры указывает на господство ассоциации еловой тайги с участием лиственных пород и доминированием в травостое мезофитных и водно-болотных растений [12, 6]. Аллювий датируется каргинским временем [13].

#### *Аллювиальные отложения I надпойменной террасы (a I Ш)*

Отложения I надпойменной террасы распространены в долинах всех рек, образуя тела шириной от нескольких десятков метров до 1 км. Терраса аккумулятивная, характеризуется высотой 5-10 м, хорошо выражена в рельефе и уверенно картируется по аэрофотоснимкам. Отложения представлены серыми, зеленовато-серыми суглинками, супесями, полимиктовыми песками, гравием и галечниками. Они врезаны в аллювий II террасы либо в более древние образования и перекрыты маломощными (1-3 м) лессовидными суглинками еловской свиты [9].

В аллювии террасы р. Поперечка (левого притока р. Харюзовка), погребенной под делювиальными отложениями, встречены кости *Mammuthus* (Blum.) – представителя позднепалеолитического комплекса [14], в аллювии террасы р. Яя – комплексы остракод: *Plyocypris bradyi* Sars, *Candona candina* (O.F.Müller), *C. neglecta* Sars, *C. ex gr. fabaeformis* (Fischer) *Candoniella*

subellipsoidea (Scharapova), *Limnocythere inopinata* (Baird), *Cyclocypris laevis* (O.F. Müller), [12, 9]. По стратиграфическому положению между осадками II террасы и поймой голоценового возраста отложения сопоставлены с аккемским горизонтом Алтае-Саянской складчатой области и датируются поздним неоплейстоценом [5].

*Аллювиальные отложения V надпойменной террасы (a5 I-II)*

Аллювиальные отложения V надпойменной террасы в виде небольших узких тел, практически не выраженных в рельефе, проблематично выделяются на правобережье реки Томи, вскрыты единичными скважинами при разведке угля. Цоколь террасы имеет высоту 35-40 м. Отложения мощностью 1,5-6,5 м представлены галечниками ржаво-бурого цвета с песчаным заполнителем. Состав галек полимиктовый с преобладанием кремнистых и изверженных пород, размер их – 2- 10 см. Аллювиальные образования перекрываются суглинками бачатской и еловской свит. Палеонтологических остатков в аллювии не обнаружено. В отложения террасы вложены осадки более молодой (четвертой) террасы. Нижняя возрастная граница не определена, поэтому аллювий террасы датируется в широких пределах – ранний-средний неоплейстоцен [5].

*Среднее звено Аллювиальные отложения IV надпойменной террасы (a4 II)*

Аллювиальные отложения IV надпойменной террасы сохранились неширокими полосами по обоим бортам реки Томи. Терраса ограничена слабо выраженными в рельефе уступами. Строение её вскрыты скважинами при разведке угля и подземных вод. Высота террасы – 50-60 м над урезом воды, высота цоколя – 8-10 м. По данным Г.Р. Холявко [9], на левом берегу реки Томи в основании разреза залегает русловой аллювий мощностью до 12 м, представленный галечниками с песками и гравием. Размер галек от 1 до 10 см, нередко встречаются крупные валуны. Состав их преимущественно кремнистый, реже отмечены метаморфические и изверженные породы. Галечники иногда перекрываются линзами и прослоями серых разнотернистых

песков мощностью до пяти метров. Выше залегают пойменно-старичные отложения мощностью до 20 м, представленные серыми, зеленовато-, синевато-, темно-серыми и бурыми суглинками с примесью песка, растительного и раковинного детрита. Общая мощность аллювия террасы – около 30 м. На правобережье разрезы террасы отличаются как по мощности, так и по составу. Общая мощность отложений здесь колеблется от 6,5 до 25 м, руслового аллювия – от 3,5 до 6,5 м. В составе пойменного аллювия отмечаются один или два горизонта мелкозернистых плавунных песков мощностью 3-4 м, разделенных слоем синих суглинков. Аллювий террас перекрыт желто-бурными лессовидными суглинками еловской и бачатской свит. Среднеплейстоценовый возраст отложений IV террасы принят по аналогии со смежными районами, где они палеонтологически охарактеризованы [5, 6].

#### *Среднее-верхнее звенья*

#### *Бачатская свита (LII-IIIбс)*

Свита сложена лессовидными палевыми, светло-серыми и бурыми суглинками. Наиболее широко ее отложения развиты в Кузнецкой котловине, где почти сплошным чехлом покрывают водоразделы и склоны долин и образуют мощные (до 20 м) разрезы с ископаемыми почвами полного профиля. В Кузнецко-Алатауском низкогорье свиты слагают изолированные тела мощностью до 5-10 м, которые приурочены к плоским водоразделам с абсолютными отметками 220-360 м. Здесь в основании разреза отмечается примесь мелкообломочного материала местных пород. Бачатские лессоиды без заметного размыва залегают или на сергеевской и кедровской свитах, или на палеозойских коренных породах и перекрываются лессоидами еловской свиты. В стратотипической местности свита содержит костные остатки млекопитающих, датирующих осадки поздним неоплейстоценом, и флоры, указывающие на луговостепной ландшафт [6]. По положению в разрезе и составу описываемые отложения идентичны стратотипу, где они датируются средним-верхним неоплейстоценом [5].

#### *Неоплейстоцен.*

*Нижнее-среднее звенья*  
*Кедровская свита (IaI-III<sub>др</sub>)*

Свита широко распространена на площади листа и устанавливается в стенках угольных карьеров и многочисленными скважинами. Она состоит из озерно-аллювиальных серых, голубоватой синевато-серых плотных суглинков и глин; иногда встречаются слабо развитые гидроморфные почвы. Породы часто насыщены детритом растений и раковин. Местами наблюдается слоистость, обусловленная наличием среди глин прослоек песка, гравия, растительного детрита. В основании некоторых разрезов отмечаются маломощные (0,5-2 м) линзы хорошо окатанного гравия и мелких полимиктовых галечников. Свита залегает с размывом, иногда с глубоким врезом на более древних образованиях и перекрывается осадками бачатской или еловской свит, иногда – терентьевской толщи; приурочена преимущественно к водоразделам с абсолютными отметками до 320 м. Ее мощность достигает 25 м. При повышении гипсометрического уровня подошвы площадь распространения и мощность отложений уменьшаются. Стратотип свиты в Кедровском угольном разрезе [5] не сохранился. Из кедровской свиты собраны костные остатки фауны средне-неоплейстоценового возраста: *Mammuthus primi-genius* (Blum.) (ранний тип), *Cervus elaphus* L. [5, 12]. Семенная флора восстанавливает ландшафты безлесной луговой степи, существовавшей в прохладно-холодном климате, и заболоченных лугов с небольшими еловыми лесами, фиксирующих временное потепление. В составе карпофлоры устанавливаются растения-эрозиофилы, свидетельствующие о слабо развитых почвах. По палеонтологическим данным свита датируется ранним-средним неоплейстоценом.

### 1.3.4 Тектоника

Территория города занимает границу с Пезасско-Золотокитатским поднятием проходит по Пезасско-Белоосиповскому разлому. Отложения,

слагающие прогиб, образуют герцинский структурный этаж, который распадается на три подэтажа – нижний, средний и верхний [15].

*Нижний подэтаж* (раннедевонский) представлен отложениями устькундусуюльской свиты, сложенной пестроцветными терригенными породами, терригенно-вулканогенными образованиями палатнинской и белоосиповской свит и терригенными отложениями барзасской свиты. В рассматриваемом районе отложения устькундусуюльской свиты имеют тектонические контакты с образованиями предыдущих структурных этажей, а на соседней к югу территории они залегают с угловым несогласием на образованиях камжелинской свиты [15].

*Средний подэтаж* сложен прибрежно-морскими отложениями среднего-верхнего девона и нижнего карбона. Представлены они карбонатно-терригенными осадками восточно-кузбасской и терригенно-карбонатными мозжухинской серий. Залегают они с перерывом в осадконакоплении на породах нижнего подэтажа.

*Верхний подэтаж* представлен континентальными угленосными осадками балахонской и кольчугинской серий ранне-среднекарбонового-пермского времени.

Породы всех трех подэтажей в Кузнецком прогибе дислоцированы в едином плане и образуют ряд пликативных структур, среди которых: Анжеро-Судженская синклиналь, Тугонаковская грабен-синклиналь, Глушинская брахисинклиналь, КедровскоКрохалевская брахисинклиналь, Барзасская антиклиналь и Кемеровская синклиналь, Невская антиклиналь, Кучумовская антиклиналь [15].

### **1.3.5 Неотектоника**

Формирование основных структур района завершилось в герцинскую фазу тектогенеза. Начиная с конца мезозоя и по настоящее время север Кузнецкой котловины и Колывань-Томская возвышенность представляли слабоприподнятую денудационную равнину с отдельными мелкосопочными



возвышенностями, испытывая слабое стабильное тектоническое вздымание. Наиболее активное проявление тектонических движений происходило в миоцен-нижнечетвертичное время. Когда север Кузнецкой котловины представлял наиболее расчлененную часть Кузнецко-Салаирского, Томь-Колыванского пенеппена. К этому времени относится формирование современной речной сети. Со среднечетвертичного времени в связи с общим похолоданием начинается новая стадия экзогенного преобразования рельефа. В условиях затухания тектонических движений формируются в основном эрозионно-аккумулятивные, реже эоловые формы рельефа. В конце среднечетвертичного времени начинается эпоха потепления, интенсивное врезание, частично уничтожившее сформированные верхние террасовые комплексы. В верхнечетвертичное – современное время продолжается ослабление тектонических движений и формирование эрозионноаккумулятивных форм рельефа. Современные тектонические движения в районе проявляются в сейсмичности 6 баллов и являются отражением более активных движений на юге Кузбасса, где за последние 100 лет зафиксировано 3 землетрясения с бальностью 6-7 [16].

### **1.3.6 Геологические процессы и специфические грунты**

Из современных экзогенных геологических процессов и явлений города наиболее широко развиты размыв берегов, овражная эрозия, сопровождающие их осыпи и обвалы подрезаемых водотоками склонов и реже оползни. Нередко встречаются просадочные суффозионные блюдца, заболачивание и иногда засоление пород, а также процессы и явления, связанные с сезонным промерзанием. В карбонатных породах встречается карст.

Размыв берегов развит по долинам Оби, Томи, Ян и других рек, особенно на вогнутых сторонах излучин. На Томи он достигает в песчано-суглинистых отложениях надпойменных террас - 9,3 м/год. Промоины и овраги наиболее развиты по береговым склонам долин рек. Промоины достигают

глубины 8-10 м и ширины 10-15 м, а овраги врезаны на глубины 40-50 м и развиваются в ширину до 100м. Особенно интенсивно овраги растут в лессовых породах.

По оголенным подмываемым склонам рек и оврагов обычно развиваются осыпи и обвалы. Реже встречаются оползни, известные по рекам Томи и Яе и их протокам: Киргизке, Китату и другим. Обычно это оползни обвального типа (вымываются пески из-под суглинков), реже суффозионные. В палеозойских породах по береговым склонам и оврагам нередко образуются оползни делювия склонов по подстилающим их выветрелым, превращенным в глину сланцам.

Суффозионные просадочные блюдца развиты на междуречьях, где достигают 50 м в поперечнике и глубины 1,5 м. Нередко они заболачиваются, также заболочены иногда и днища зарастающих балок. Периодическое заболачивание развито на пойме и низких надпойменных террасах, здесь распространены болота низинного типа с торфяным покровом мощностью до 4 м. На пологих пониженных бессточных участках рельефа встречается засоление пород у поверхности.

Зимой на склонах у выходов подземных вод образуются наледи, особенно развитые по склонам оврагов. Наледи достигают 150 м в диаметре при мощности 1,5 м. Они вызывают многочисленные перекосы зданий и разрушают фундаменты.

Линзы и прослой карбонатных пород Колывань-Томской зоны сильно загрязнены глинистым и песчаным материалом, что определяет ограниченное распространение и слабое развитие в них карста.

Из специфических грунтов широко распространяются просадочные, набухающие, пучинистые и засоленные, элювиальные, техногенные грунты.

### 1.3.7 Характеристика участков проведения работ

Исследования процессов набухания проводились на участках, где были встречены твердые и полутвердые просадочные суглинки и глины, при лабораторных исследованиях которых выяснилось, что процессы набухания значительно доминируют над процессами просадки. Изыскания ООО «Геостройизыскания» проводились на 2 участках предназначенных для строительства многоэтажных зданий. Лабораторные работы были выполнены автором в учебно-научно-исследовательской лаборатории Грунтоведения и механики грунтов.

Земли участка изысканий №1 зарегистрированы в Федеральном бюджетном учреждении «Кадастровая палата» по Кемеровской области под кадастровым номером 42:24:0101030:18013. Форма собственности: частная; разрешенное использование: для многоквартирной застройки; категория земель – земли населенных пунктов; по документу числится: многоэтажная жилая застройка (высотная застройка).

Согласно ранее проведенным изысканиям площадка с поверхности залегает лессоидами (*LIIIel*), представленными лессовидными палевыми суглинками, мощностью до 20 м. Ниже залегают аллювиальные отложения (*a4 II*), представленными суглинками, супесями, песками и русловыми галечниками, мощностью до 30 м. Аллювиальные суглинки сменяются донеогеновыми образованиями.

В приложении Б представлен типичный для данной территории разрез, представленный в верхней части в основном суглинками лессовидными твердыми и полутвердыми, ниже залегают суглинки текучие, тугопластичные и мягкопластичные залегающие на донеогеновых образованиях, палево-желтые и желтовато-серые со слабовыраженными ископаемыми почвами. В нижнем слое представлены аллювиальные отложения представленные гравелистым песком.

Земли участка изысканий №2 зарегистрированы в Федеральном бюджетном учреждении «Кадастровая палата» по Кемеровской области под

кадастровым номером 42:24:0401039:733. Категория земель – земли поселений (земли населенных пунктов) (по классификатору - для размещения лесопарков; по документу - лесопарки; ботанический сад; лыжные базы).

Согласно ранее проведенным изысканиям площадка с поверхности залегает лессоидами (*LIIIel*), представленными суглинками лессовидными, со слабовыраженными ископаемыми почвами, мощностью от 0,5 до 10 м. Ниже лессовидные суглинки сменяются донеогеновыми образованиями.

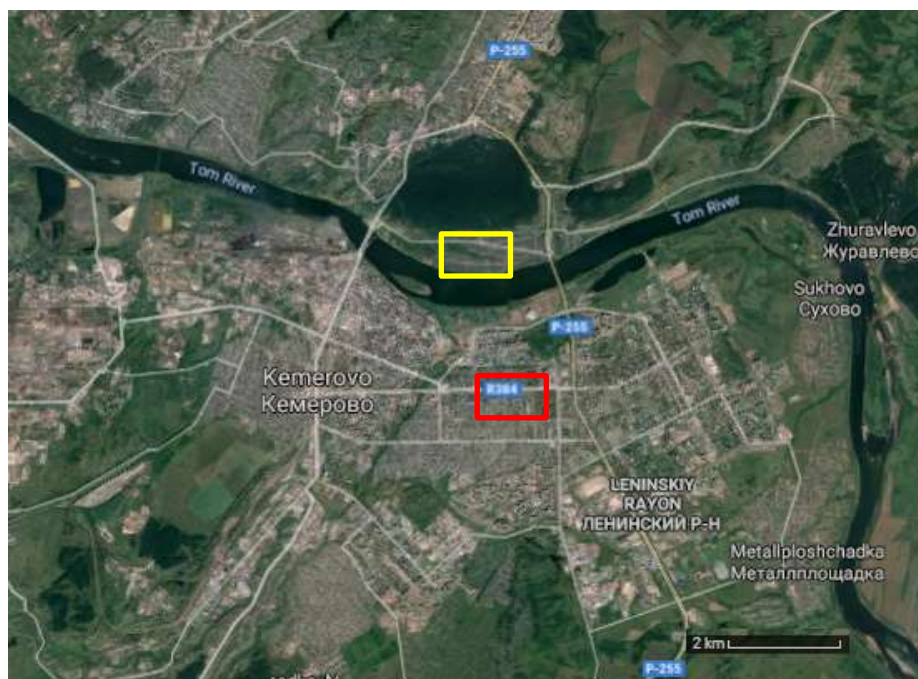


Рисунок 1.3.7.1 Схематическая карта города Кемерово. Масштаб 1:2000  - участок изысканий №1  - участок изысканий №2

## СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Описание набухающих грунтов

Глинистые грунты представляют собой смесь отдельных элементарных частиц, имеющих различные размеры, форму и характер поверхности. Под элементарными частицами подразумеваются первичные и вторичные частицы в виде отдельных минералов или их осколков, монокристаллы, аморфные соединения. Частицы глинистых грунтов представлены различными минералами: полевыми шпатами, слюдами, монтмориллонитом, иллитом, каолинитом, галлуазитом и т.д. Соотношение минералов или преобладание той или иной их группы оказывает влияние на физико-химические свойства глины. Так преобладание монтмориллонита оказывает влияние на набухание при замачивании.

Под набуханием понимается способность дисперсных грунтов увеличивать объем в процессе взаимодействия с водой и растворами. К набухающим грунтам, в соответствии с ГОСТ 25100-2020, следует относить глинистые грунты, которые при замачивании водой или другой жидкостью увеличиваются в объеме и имеют относительную деформацию набухания без нагрузки  $\varepsilon_{sw} > 0,04$  [24]. Набухающие грунты следует подразделять на разновидности в соответствии с таблицей 2.1.1

Таблица 2.1.1

Классификация грунтов по степени набухания по ГОСТ 25100-2020 [24]

Разновидности глинистых грунтов	Относительная деформация набухания без нагрузки $\varepsilon_{sw}$ , д.е.
Ненабухающие	$< 0,04$
Слабонабухающие	$0,04 - 0,08$
Средненабухающие	$0,08 - 0,12$
Сильнонабухающие	$> 0,12$

Набухающие грунты при высыхании дают усадку, величина которой зависит от факторов, влияющих на набухание, и возрастает с увеличением склонности грунта к набуханию. Основными факторами, определяющими способность грунта к набуханию, являются:

- 1) Химико-минеральный и гранулометрический составы.
- 2) Структурно-текстурные особенности.
- 3) Состав обменных катионов.
- 4) Влажность и плотность.
- 5) Химический состав и концентрация водного раствора, взаимодействующего с грунтом.
- 6) pH внешнего раствора.
- 7) Величина внешнего давления на грунт.

*Химико-минеральный и гранулометрический составы.*

Пески и супеси или совсем не проявляют набухания, или набухают очень слабо. Набухание суглинков и глин возрастает в соответствии с увеличением содержания в них глинистых и особенно коллоидных частиц. Огромное влияние на набухание грунтов оказывает их минералогический состав и главным образом состав глинистых минералов. Минералы, имеющие подвижную кристаллическую решетку, например, группы монтмориллонита обладают несравненно большей величиной набухания по сравнению с минералами, обладающими жесткой кристаллической решеткой, например, группы каолинита.

*Структурно-текстурные особенности.*

На набухание глинистых пород немалое влияние оказывают структурно-текстурные особенности глинистых пород: тип структуры, структурные связи, ориентированность и сложность их текстуры. Прочные структурные связи между частицами препятствуют набуханию глинистых грунтов. Поэтому среди глин природного сложения наиболее сильно набухают грунты с коагуляционными и переходными связями, а менее сильно – со смешанными структурами.

### *Состав обменных катионов.*

При близких величинах удельной поверхности и емкости обмена набухаемость глинистых грунтов определяется валентностью обменных катионов и величиной их радиуса. Чем ниже валентность катиона и меньше его радиус, тем менее значительно его взаимодействие с поверхностью минерала, больше «диссоциация» и выше «осмотическое» набухание грунта в целом. Роль обменных катионов возрастает при набухании минералов с раздвижной кристаллической решеткой (типа монтмориллонита), обладающих внутрикристаллическим набуханием и большой емкостью обмена.

### *Влажность и плотность.*

На характер и величину набухания глинистых грунтов оказывает влияние их начальная плотность и влажность, а точнее - исходное соотношение компонентов грунта.

Глинистые грунты, находящиеся в рыхлом нарушенном сложении и имеющие высокую начальную пористость (70-85%) и низкую влажность (воздушно-сухой порошок), при взаимодействии с водой не набухают, а, наоборот, уплотняются за счет гидратации и проявления сил капиллярной связности, «стягивающих» частицы и агрегаты друг с другом.

Глина при исходной пористости около 60% практически не набухает и не меняет свою пористость в процессе гидратации. Но в плотном сложении (при  $n = 50\%$ ) эта же глина проявляет существенное набухание.

Для высокодисперсных монтмориллонитовых глин отмечается набухание при любой их исходной плотности (пористости).

### *Химический состав и концентрация водного раствора, взаимодействующего с грунтом.*

Процесс набухания носит осмотический характер. Причиной, вызывающей набухание, является разница в концентрации солей в поровом растворе и в воде, окружающей породу. Если концентрация внешнего раствора меньше концентрации раствора, находящегося в порах породы, происходит набухание породы. Химический состав воды в значительной степени

определяет состав обменных катионов, а следовательно, и величину набухания грунтов.

*pH внешнего раствора.*

При больших концентрациях растворов кислот и щелочей происходит разрушение алюмосиликатных соединений глинистых минералов, и их набухаемость в этом случае связана с появлением химических новообразований.

*Величина внешнего давления на грунт.*

Деформация набухания грунтов зависит от величины внешнего давления, действующей на грунт. Деформация набухания снижается по мере роста давления и особенно сильно – в зоне малых напряжений. Если величина внешнего давления равна или больше давления набухания, то деформация набухания не проявляется.

Набухающие грунты в соответствии с ГОСТ 12248-2010 [25] следует характеризовать:

-давлением набухания  $p_{sw}$  - давлением, возникающем при невозможности объемных деформаций в процессе замачивания и набухания грунта;

-влажностью набухания  $\omega_{sw}$  - влажностью, полученной после завершения набухания грунта и прекращения процесса поглощения жидкости;

-относительной деформацией набухания при заданном давлении (в том числе при  $p=0$ )  $\varepsilon_{sw}$  - относительным увеличением высоты образца после набухания;

Согласно ГОСТ 12248-2010 характеристики набухания грунта следует определять по относительной деформации в условиях, исключающих возможность бокового расширения при насыщении грунта водой или химическим раствором [25]



## 2.2 Обзор методик определения набухания грунтов

Первоначально набухание характеризовали на основании визуальных наблюдений без применения замерных устройств. Из множества методик визуального определения величины набухания следует выделить методику, предложенную М. Х. Фишером, заключающуюся в следующем. Диспергированное вещество помещается в градуированный сосуд, и фиксируется его начальный объем. Затем в сосуд вводится жидкость и по истечении определенного промежутка времени измеряется объем набухшего вещества. Отношение объема набухшего вещества к его начальному объему по данной методике характеризуется как величина набухания. Поскольку величина пористости пробы одного и того же вещества при подобных определениях может варьироваться в широких пределах, получаемые величины дают трудносходимые результаты, а порой и отрицательное набухание.

Ф. Ф. Лаптев и А. Г. Кирьянова предложили для определения набухания использовать резиновые пленки, в которые помещаются цилиндрические образцы грунтов. В пленке делают проколы для доступа жидкости. Затем набухшую пробу помещают в пикнометр и по объему вытесненной жидкости судят об увеличении объема пробы грунта. Любой из визуальных методов определения набухания обладает слишком малой сходимостью результатов параллельных определений, вследствие чего исследователи были вынуждены отказаться от их применения и перейти к измерению объема веществ с помощью замерных устройств. Так, А. А. Шмелев предложил прибор, позволяющий судить об увеличении объема глины при набухании: в жидкости по количеству ртути, вытесненной из прибора в капилляр.

А. М. Васильев предложил методику определения набухания грунтов, заключающуюся в оценке в процентах приращения объема к начальному объему. Прибор А. М. Васильева и аналогичный ему прибор Д. И. Знаменского конструктивно просты. Изменение объема грунтов фиксируется ими с помощью мессуры (индикатора часового типа). Следует отметить, что

получаемые по данной методике величины набухания и влажности набухших проб совершенно не сопоставимы вследствие не учёта начальной пористости сухих образцов и количества иммобилизованной жидкости в набухших пробах.

Кроме объемных методов определения набухания предпринимались попытки характеризовать набухание по величине привеса и по количеству жидкости, поглощаемой при набухании веществом. На этом принципе основан прибор Г. Ф. Фрейндлиха, позволяющий по снижению уровня жидкости в градуированном капилляре качественно судить о количестве поглощаемой при набухании тем или иным порошкообразным веществом жидкости. Прибор Г. Ф. Фрейндлиха, несколько видоизмененный Э. Г. Кистером, был применен последним для определения всасывания - набухания различных диспергированных веществ.

Построенные по этой методике кривые кинетики всасывания набухания не могут характеризовать ни скорость процесса набухания, ни его конечную величину, так как включают суммарное количество жидкости, поглощаемое пробой, т. е. жидкость набухания и иммобилизованную жидкость. В начальный период по этой методике получают завышенные результаты величины набухания вследствие заполнения порового пространства жидкостью, а в последующем заниженные, так как часть жидкости, заполнившей поры, переходит из иммобилизованной в жидкость набухания.

Весьма тонкий и надежный метод изменения межплоскостных расстояний в решетке монтморилонитовых кристаллов с помощью рентгеновского анализа был применен К. Норишем. Однако этим методом не представляется возможным измерить толщины адсорбционных и диффузных слоев жидкости при набухании глинистых минералов как с подвижной кристаллической решеткой, так и с жесткой решеткой, например каолинитов, гидрослюд и др.

В ряде технологических процессов (проводка скважин, шахтных стволов, строительство плотин, зданий и т. д.) необходимо иметь данные о возможном увеличении активного объема глин, т. е. о количестве жидкости, вызывающей увеличение объема частиц, в которую входит межпакетная жидкость и

жидкость адсорбционного и диффузного слоев, или о количестве жидкости набухания.

Очевидно, что количество жидкости набухания, т. е. количество жидкости, связываемой глиной и вызывающей увеличение объема ее частиц, не зависит от пористости сухого образца. Это впервые было доказано опытами К. Ф. Жигача и А. Н. Ярова. Изучая изменение объема проб глинопорошков, имеющих одинаковую массу, но различное уплотнение, т. е. различные начальные объемы в дистиллированной воде, они установили, что эта зависимость носит линейный характер: нанесенные на график (2.2.1) значения набухших объемов проб (в зависимости от начальных объемов) соединяют прямой, которую экстраполируют до точки пересечения с осью ординат. Величину набухания определяют по формуле:

$$K = \frac{y_a}{m} + tg\beta - 1$$

Где  $K$  – коэффициент набухания, равный отношению объема жидкости  $V_{ж}$ , связанной пробы, к объему сухих частиц  $V_0$ ;  $y$ - плотность сухой глины в  $г/см^3$ ;  $m$ -масса навески пробы в г;  $tg\beta$ - коэффициент, показывающий какая доля от объема пор в сухой пробе сохраняется в набухшей пробе (в виде иммобилизованной жидкости);  $a$  – некоторый коэффициент, зависящий от свойства глины и величины  $tg\beta$ .

Кроме коэффициента  $K$  можно определить степень набухания  $K_1$ , равную отношению суммы объемов  $V_{ж} + V_0$  к  $V_0$  или  $K + 1 = K_1$ , и коэффициент  $K_2$ , равный отношению  $V_{ж}$  к массе сухой пробы  $m$ .

Степень набухания  $K_1$  показывает, во сколько раз увеличился объем сухих частиц вещества, а к  $K_2$  – сколько жидкости набухания (в  $см^3$ ) связывает 1 г глинистых минералов или глинистых пород.

Между этими коэффициентами имеется следующая зависимость:

$$K = K_1 - 1 = K_2 u.$$

Для определения величины набухания рекомендуется применять прибор конструкции Жигача – Ярова. Прибор отличается от ранее предложенных

(например, приборов Васильева, Знаменского, Шмелева, Фрейндлиха и т. д.) тем, что позволяет с достаточно высокой точностью определять начальный и конечный (максимальное набухание при достижении равновесия в системе твердое тело - жидкость) объемы дисперсоида.

Принцип работы прибора прост. Мессура (индикатор часового типа) устанавливается в нулевое положение передвижением скобы. На днище цилиндра укладывается кружок с фильтровальной бумаги, выравнивается поршнем и измеряется его толщина. На бумагу помещаются точно отвешенная проба диспергированного вещества и сверху кружок фильтровальной бумаги. Производится плавное уплотнение пробы. После уплотнения необходимо удостовериться в свободном движении поршня. Лишь после этого цилиндр в сборе со штоком и крышками устанавливается в центр скобы и ножку мессуры, затем прибор в сборе помещают в стакан с водой или раствором химического реагента заданной концентрации. Произведение высоты пробы, определяемой по показаниям мессуры до и после набухания, на площадь прибора (последняя постоянна для партии приборов) дает величины  $V_{нач}$  и  $V_{наб}$ . Следует отметить, что фильтровальная бумага набухает в водных средах, поэтому толщина ее, определенная с помощью мессуры, вычитается до набухания из  $V_{нач}$  и после набухания из  $V_{наб}$  пробы с бумагой.

Данная методика, несмотря на явные преимущества по сравнению с ранее предложенными, имеет некоторые недостатки, ограничивающие ее применение:

а) необходимость одновременного использования большой группы приборов (восемь и более) для характеристики величины набухания глины в воде или растворе химического реагента определенной концентрации;

б) графический способ определения коэффициентов  $a$  и  $tg\beta$ ;

в) отсутствие возможности отдельного определения компонентов набухшей пробы, в частности объема жидкости набухания и объема иммобилизованной жидкости.

Поэтому для определения набухания глинистых пород рекомендуется

пользоваться так называемым аналитическим методом оценки набухания.

По этому методу для определения величины набухания достаточно одновременная установка двух-трех приборов и исключены графические построения. Аналитический метод оценки набухания позволяет не только упростить получение величины набухания, но и производить расчет определения каждого компонента набухшей пробы - жидкости набухания, иммобилизованной жидкости и объема самих частиц глинистых минералов или других диспергированных веществ. Такой подход к определению набухания, как к фактору взаимодействия дисперсной фазы с дисперсионной средой, позволяет значительно шире рассматривать это явление. Именно такая оценка набухания позволяет производить расчет изменения (уменьшения) объема набухшей пробы минералов при взаимодействии с растворами электролитов, при концентрации последних порога коагуляции. Это имеет важное практическое значение, например, при изучении влияния пластовых вод на свойства глинистых корок, в связи с разработкой методов увеличения безводного периода эксплуатации скважин.

Указанные выше методики называются методиками объемного определения набухания. В некоторых случаях применяют методику весового определения набухания. По этой, предложенной автором, методике рассчитывается масса набухших проб глинистых минералов и пород, имеющих различные начальные объемы (при постоянной массе всех проб в сухом состоянии). По полученным данным строится график (2.2.2). Прямая зависимости  $P = f(V_{нач})$  экстраполируется (пунктирная линия) до точки, соответствующей на оси абсцисс объему сухих частиц диспергированного вещества  $V_0$ , а по оси ординат отсчитывается количество жидкости набухания. Величина последней, отнесенная к массе сухой пробы, дает значение  $K_2$ , с размерностью г/г.

Величины коэффициента  $K_2$ , рассчитанные по данной методике, хорошо сопоставимы с данными, получаемыми по методикам объемного определения. Нетрудно видеть, что и в этом случае применим аналитический метод оценки

набухания.

Масса набухшей пробы  $P_{\text{наб}}$  состоит из суммы масс сухих частиц  $P_0$ , жидкости набухания  $P_{\text{ж}}$  и иммобилизованной жидкости  $P_{\text{ж}}$ . Отсюда:

$$P_{\text{ж}} = P_{\text{наб}} - P_0 - P_{\text{ж}}$$

Величины  $P_0$  и  $P_{\text{наб}}$  определяют взвешиванием соответственно сухой и набухающей пробы диспергированного вещества.

Таким образом, указанные методики позволяют определять объем и массу жидкости набухания и компоненты, их составляющие, независимо от начальной пористости пробы глинопорошка, что и обеспечивает инвариантность получаемых величин.

Исследуя зависимость изменения коэффициента видимого изменения объема глинистых минералов от объема пор, Ф. Д. Овчаренко показал возможность определения степени набухания ( $K_1$ ) экстраполяцией прямой зависимости до значения объема пор, равного нулю. При этом также исключается полностью иммобилизованная жидкость, что позволяет получать истинные значения величины степени набухания  $K_1$ .

Разработанные методики позволяют достаточно точно (допустимая погрешность не должна превышать 3,0%) определять величины набухания глинистых и других пороков при правильном проведении опытов. Наибольшую погрешность обычно получают при попадании частиц диспергированного вещества между поршнем и цилиндром прибора, что приводит в процессе набухания к заклиниванию поршня.

### **2.3 Исследования на набухание грунтов согласно ГОСТ 12248-2010**

Для ранее отобранных проб при изысканиях по 1 и 2 участку были определены характеристики физических свойств грунтов 10 образцов суглинков согласно ГОСТ 5180-2015 [26], результаты представлены в таблице

#### **2.3.1**

## Физико-механические свойства грунтов

Лабораторный номер	Влажность $W$ , %	Влажность границы		Число пластичности $I_p^*$	Показатель текучести $IL^*$	Плотность			Пористость $n^*$ , д.ед.	Коэффициент пористости $e^*$ д.ед.	Наименование грунта по ГОСТ 25100-2020
		текучести $W_L$ , %	раскатывания $W_p$ , %			естественная $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	частиц грунта $\rho_s^*$ г/см <sup>3</sup>	сухого грунта $\rho_d$ г/см <sup>3</sup>			
1	17,9	34	17,3	16,8	0,04	1,96	2,67	1,66	0,38	0,61	Суглинок полутвердый
2	21,8	35	22,7	12,4	-0,07	2,00	2,66	1,64	0,38	0,62	Суглинок твердый
3	19,2	32	18,3	13,9	0,06	1,96	2,67	1,64	0,38	0,62	Суглинок полутвердый
4	14,9	32	16,3	15,9	-0,09	2,08	2,67	1,81	0,32	0,48	Суглинок твердый
5	24,4	36	20,4	16,0	0,25	1,96	2,66	1,58	0,41	0,69	Суглинок полутвердый
6	20,3	36	20,4	15,6	-0,01	2,10	2,66	1,74	0,35	0,53	Суглинок твердый
7	21,6	34	17,4	17,0	0,25	1,97	2,67	1,62	0,40	0,65	Суглинок полутвердый
8	18,6	30	19,1	11,2	-0,04	2,00	2,67	1,68	0,37	0,59	Суглинок твердый
9	20,6	32	19,6	11,9	0,08	1,94	2,67	1,61	0,40	0,66	Суглинок твердый
10	26,7	52	26,5	25,4	0,01	1,93	2,65	1,52	0,42	0,74	Глина полутвердая

Для образцов были определены следующие показатели: влажность, влажность на границе текучести и раскатывания, плотность, плотность частиц, рассчитаны число пластичности, показатель текучести, пористость и коэффициент пористости. В результате грунты были классифицированы как суглинок полутвердый №1,3,5,7, суглинок твёрдый №2,4,6,8,9 и глина №10.

### *Определение свободного набухания $\varepsilon_{sw}$*

Определение свободного набухания  $\varepsilon_{sw}$  проводилось в приборах ПНГ, согласно ГОСТ 12248 п 5.6.1.4 для испытаний были взяты образцы ненарушенного сложения с природной влажностью [25].

При определении свободного набухания в ПНГ подают жидкость снизу образца и регистрируют развитие деформаций во времени по показаниям индикаторов деформаций. После замачивания образцов регистрируют деформации через 5, 10, 30, 60 мин, далее через 2 ч в течение рабочего дня, а затем в начале и конце рабочего дня до достижения условной стабилизации деформаций. В случае отсутствия набухания замачивание производят в течение трех суток.

За начало набухания следует считать относительную деформацию  $\varepsilon$ , превышающую 0,001. За критерий условной стабилизации деформаций свободного набухания грунтов следует принимать деформацию не более 0,01 мм за 16 ч. После завершения набухания образца грунта необходимо: слить жидкость из прибора, кольцо с влажным грунтом (без фильтров) взвесить, произвести контрольное измерение высоты образца грунта в кольце и определить влажность грунта.

По результатам испытаний грунта в ПНГ вычисляют:

$\Delta h$  абсолютную деформацию грунта ( $\Delta h$ ), мм, как разность среднеарифметических значений конечных и начальных показаний индикаторов деформаций за вычетом поправки на деформацию компрессионного прибора и фильтров при набухании;

$\Delta$  относительную деформацию образца  $\varepsilon = \Delta h / h_0$  с точностью 0,001, где  $h_0$  – начальная высота образца. Записи производят в журнале по нижеприведенной форме.



### Образец №1

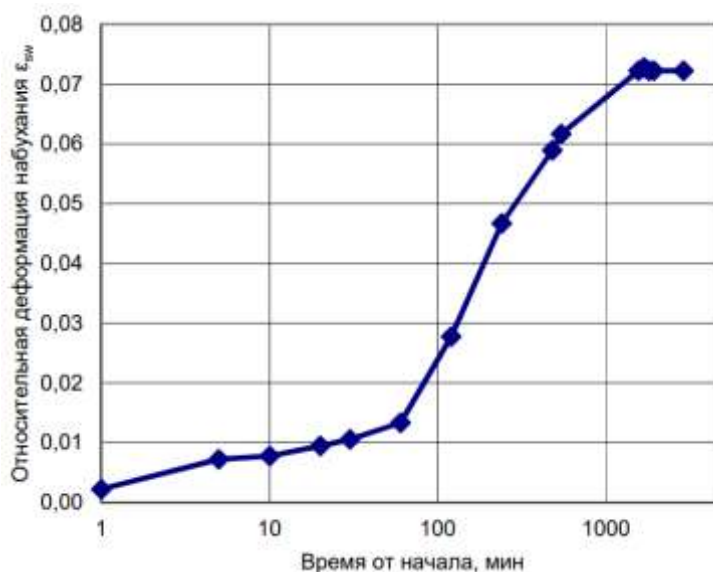


Рисунок 2.3.1 – График зависимости относительной деформации от времени.

Таблица 2.3.2

Результаты испытания (характеристики набухания грунта):

Относительная деформация набухания $\epsilon_{sw}$	0,07
Влажность после испытания, %	22,2

### Образец №2

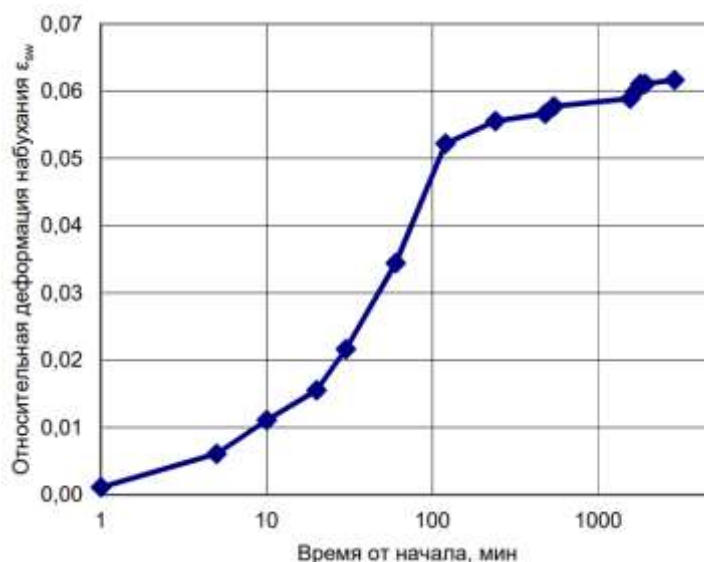


Рисунок 2.3.2 – График зависимости относительной деформации от времени.

Таблица 2.3.3

Результаты испытания (характеристики набухания грунта):

Относительная деформация набухания $\epsilon_{sw}$	0,06
Влажность после испытания, %	26,6

Образец №3

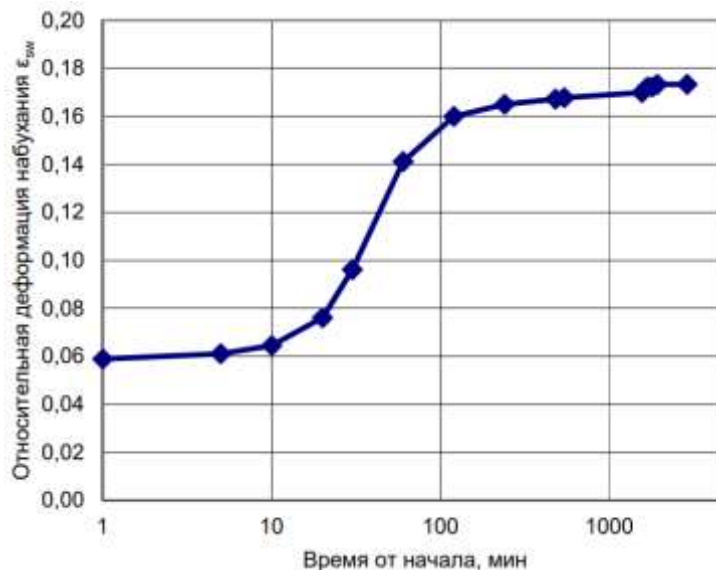


Рисунок 2.3.3 – График зависимости относительной деформации от времени.

Таблица 2.3.4

Результаты испытания (характеристики набухания грунта):

Относительная деформация набухания $\epsilon_{sw}$	0,17
Влажность после испытания, %	27,6

Образец №4

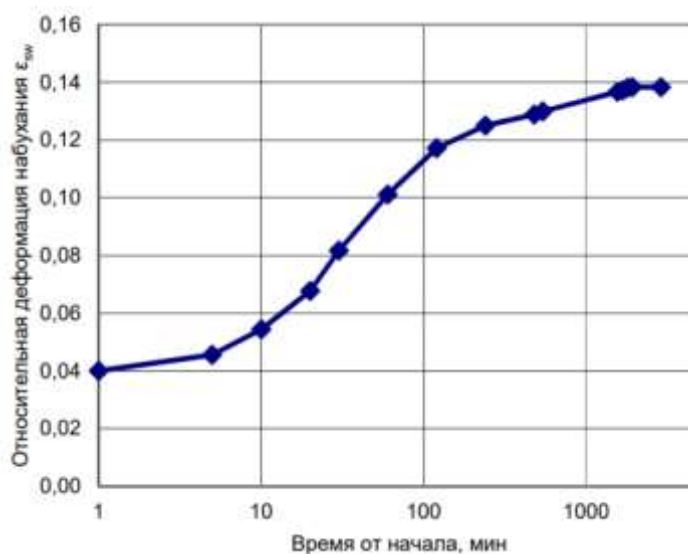


Рисунок 2.3.4 – График зависимости относительной деформации от времени.

Результаты испытания (характеристики набухания грунта):

Относительная деформация набухания $\epsilon_{sw}$	0,14
Влажность после испытания, %	25,4

Образец №5

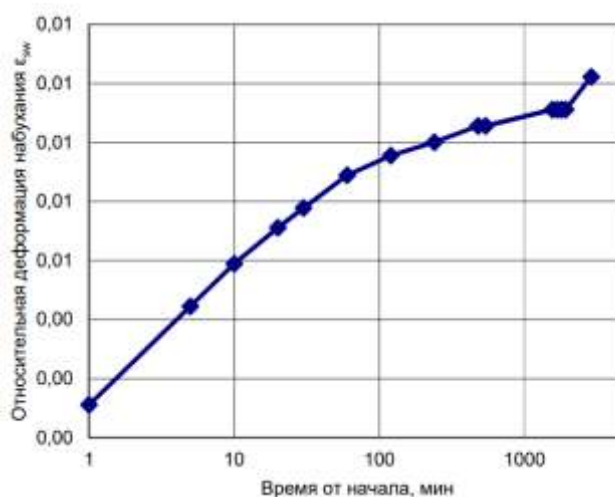


Рисунок 2.3.5 – График зависимости относительной деформации от времени.

Результаты испытания (характеристики набухания грунта):

Относительная деформация набухания $\epsilon_{sw}$	0,14
Влажность после испытания, %	25,4

Образец №6

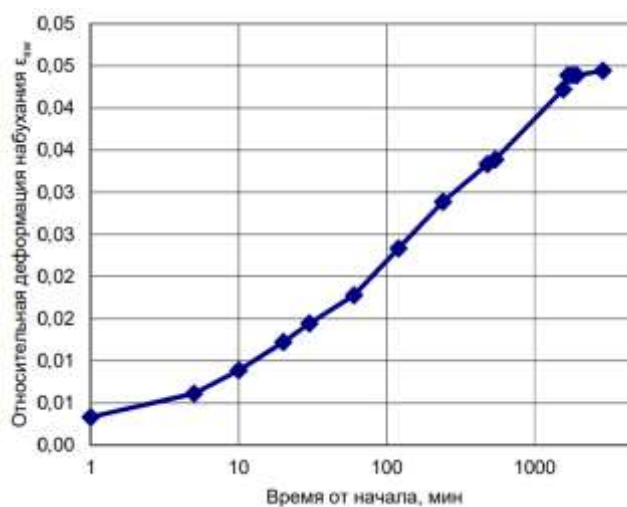


Рисунок 2.3.6 – График зависимости относительной деформации от времени.

Результаты испытания (характеристики набухания грунта):

Относительная деформация набухания $\epsilon_{sw}$	0,04
Влажность после испытания, %	23,5

Образец №7

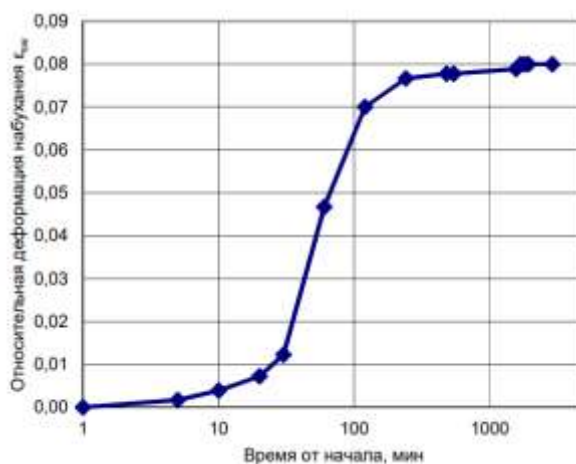


Рисунок 2.3.7 – График зависимости относительной деформации от времени.

Результаты испытания (характеристики набухания грунта):

Относительная деформация набухания $\epsilon_{sw}$	0,08
Влажность после испытания, %	36,6

Образец №8

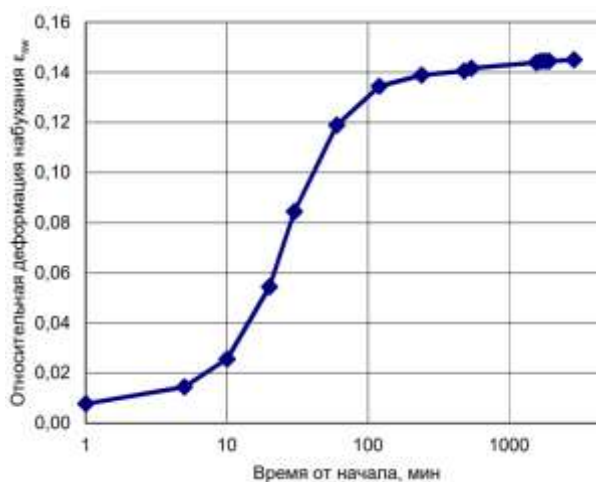


Рисунок 2.3.8 – График зависимости относительной деформации от времени.

Результаты испытания (характеристики набухания грунта):

Относительная деформация набухания $\epsilon_{sw}$	0,15
Влажность после испытания, %	28,3

Образец №9

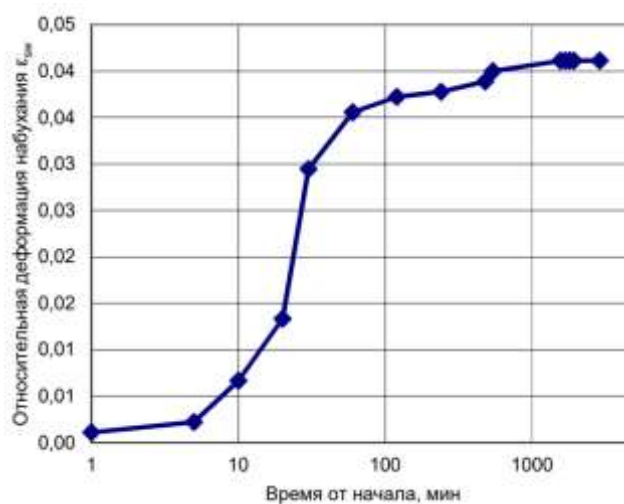


Рисунок 2.3.9 – График зависимости относительной деформации от времени.

Таблица 2.3.10

Результаты испытания (характеристики набухания грунта):

Относительная деформация набухания $\epsilon_{sw}$	0,04
Влажность после испытания, %	28,3

Образец №10

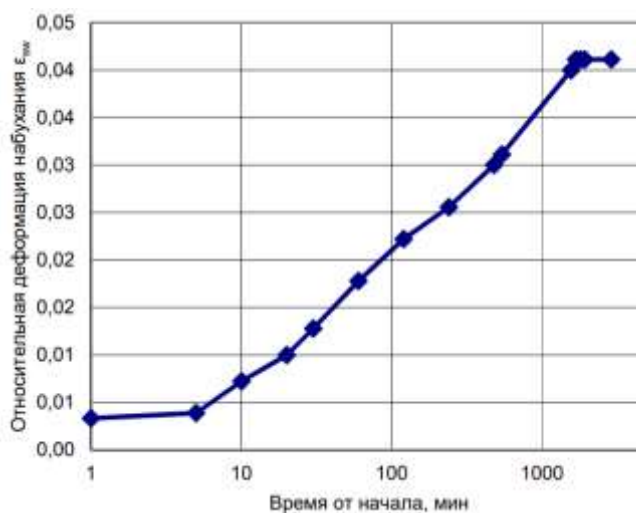


Рисунок 2.3.10 – График зависимости относительной деформации от времени.

Таблица 2.3.11

Результаты испытания (характеристики набухания грунта):

Относительная деформация набухания $\epsilon_{sw}$	0,04
Влажность после испытания, %	31,6

По относительной деформации набухания без нагрузки  $\epsilon_{sw}$  глинистые грунты подразделяют согласно ГОСТ 25100-2020 [24] к разным разновидностям глинистых грунтов.

Таблица 2.3.12

№ образца	Относительная деформация набухания $\epsilon_{sw}$	Давление набухания, МПа	Наименование грунта по ГОСТ 25100-2020	Разновидности глинистых грунтов
1	0,07		Суглинок полутвердый	Слабонабухающие
2	0,06		Суглинок твердый	Слабонабухающие
3	0,17	0,370	Суглинок полутвердый	Сильнонабухающие
4	0,14		Суглинок твердый	Сильнонабухающие
5	0,14		Суглинок полутвердый	Сильнонабухающие
6	0,04		Суглинок твердый	Слабонабухающие
7	0,08	0,185	Суглинок полутвердый	Слабонабухающие
8	0,15	0,160	Суглинок твердый	Сильнонабухающие
9	0,04	0,069	Суглинок твердый	Слабонабухающие
10	0,04	0,068	Глина полутвердая	Слабонабухающие

Вывод:

Согласно результатам испытания образцы под номерами 1,2,6,7,9,10 относятся к слабонабухающим грунтам, а образцы 3,4,5,8 к сильнонабухающим.

Давление набухания варьирует в широких пределах от 0,068 до 0,370, данное давление сопоставимо с нагрузкой от здания.

Так как образцы были отобраны летом в сухую погоду, лабораторные испытания проходили при естественной влажности при опробовании на момент проведения изысканий и грунты находились в полутвердой и твердой консистенции.

Чтобы оценить поведение набухающих грунтов при увеличении влажности в зоне аэрации в разное время года при сильных дождях, таянии снегов, техногенных утечек воды, был поставлен эксперимент, позволяющий определить изменение характеристик набухания и физико-механических свойств.

#### **2.4 Определения диапазона набухания грунтов и изменения физико-механических показателей с ростом влажности**

Для того чтобы определить разницу в диапазонах набухания была отобрана объемная проба с участка района исследования. Для пробы был определен гранулометрический состав, влажность грунта, влажность грунта на границе текучести и раскатывания, плотность частиц для единой пробы, а так же индекс FSI

Таблица 2.4.1

Методы лабораторных испытаний грунтов примененные для проведения эксперимента

Характеристика грунта	Метод определения	Область применения метода	Нормативный документ
Влажность, в т.ч. гигроскопическая	Высушивание до постоянной массы	Все грунты	ГОСТ 5180-2015
Влажность границы текучести	Пенетрация конусом	Глинистые грунты	ГОСТ 5180-2015
Влажность границы раскатывания	Раскатывание в жгут	Глинистые грунты	ГОСТ 5180-2015
	Прессование	Глинистые грунты	ГОСТ 5180-2015
Плотность грунта	Режущим кольцом	Грунты, легко поддающиеся вырезке	ГОСТ 5180-2015

		или не сохраняющие свою форму без кольца, сыпучемерзлые и с массивной криогенной текстурой	
Плотность сухого грунта	Расчетный	Все грунты	ГОСТ 5180-2015
Плотность частиц грунта	Пикнометрический с нейтральной жидкостью	Засоленные и набухающие грунты	ГОСТ 5180-2015
Гранулометрический (зерновой) состав	Ареометрический	Глинистые грунты	ГОСТ 5180-2015
Относительная деформация набухания	Индекс свободно набухания	Глинистые грунты	IS 1498 Classification and identification of soils for general engineering purposes
Сопротивление срезугу; угол внутреннего трения; удельное сцепление	Одноплоскостной неконсолидированный быстрый срез	Глинистые и органо-минеральные водонасыщенные грунты	ГОСТ 12248-2010
Относительная деформация набухания	Свободное набухание в приборах ПНГ	Глинистые грунты	ГОСТ 12248-2010
Модуль деформации и коэффициенты сжимаемости	Метод компрессионного сжатия	Глинистые грунты	ГОСТ 12248-2010
Давление набухания	Метод водонасыщения образца противодавлением	Глинистые грунты	ГОСТ 12248-2010
Относительная усадка (по высоте, диаметру, объему)	Метод свободной трехосной деформации	Глинистые грунты	ГОСТ 12248-2010



### *Определение гранулометрического состава.*

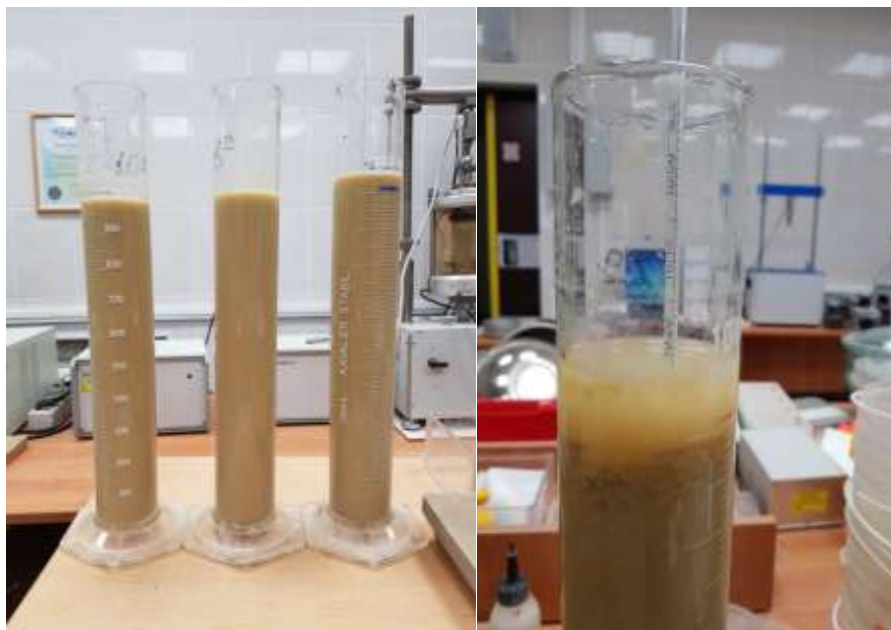


Рисунок 2.4.1 - Определение гранулометрического состава грунтов  
ареометрическим методом

Определение гранулометрического (зернового) состава грунтов ареометрическим методом ГОСТ 12536-2014 [27]. Гранулометрический (зерновой) состав грунтов ареометрическим методом проводят путем измерения плотности суспензии ареометром в процессе ее отстаивания.

Таблица 2.4.2

#### Время взятия отсчета по ареометру

Дата и время начала испытания (11:40)					
Показания ареометра	t, град	Показания ареометра	t, град	Показания ареометра	t, град
1 мин	23	30 мин	23	11 час	23
11,3		11,6		10,5	
14,5		12,1		11	
14		11,6		11	

При температуре, отличающейся от 20°C, к отсчетам по ареометру, следует внести температурную поправку, определяемую по ГОСТ 12536-2014 [27]. Поправки к отсчету по ареометру при температуре суспензии, 23°C - +0,6.

## Обработка результатов

Массу абсолютно сухой средней пробы грунта  $g_0$ , г, вычисляют с учетом поправки на гигроскопическую влажность при анализе воздушно-сухих образцов по формуле:

$$g_1 = \frac{g_1}{1 + 0,01W}$$

где  $g_1$  – масса средней пробы грунта в воздушно-сухом состоянии (или природной влажности), г;  $W$  – гигроскопическая (или природная) влажность, %.

Содержание фракций грунта размером более 0,5; 0,25 мм и 0,1 мм  $X$ , %, вычисляют по формуле:

$$X = \frac{g_{\text{п}}}{g_0} (100 - K)$$

где  $g_{\text{п}}$  – масса данной фракции грунта, высушенной до постоянной массы, г;  $g_0$  – масса абсолютно сухой средней пробы грунта (взятой для ареометра), г;  $K$  – суммарное содержание фракции грунта размером более 1,0 мм, %.

По данным каждого замера ареометром вычисляют суммарное содержание всех фракций грунта менее данного диаметра грунта  $X$ , % по формуле:

$$X = \frac{\rho_s * R_{\text{п}}}{(\rho_s - \rho_w) * \rho_0} (100 - K)$$

где  $R_{\text{п}}$  – показания ареометра с поправками;  $\rho_s$  – плотность частиц грунта, г/см<sup>3</sup>;  $\rho_w$  – плотность воды, равная 1 г/см<sup>3</sup>;  $K$  – суммарное содержание фракции грунта размером более 1,0 мм, %.

Определив суммарное процентное содержание фракций грунта с помощью ареометра, вычисляют процентное содержание каждой фракции грунта. Содержание фракций от 0,05 до 0,01 мм вычисляют по разности между процентным содержанием фракций менее 0,05 мм и менее 0,01 мм. Аналогично вычисляют процентное содержание фракций грунта 0,01– 0,002 мм и 0,002– 0,001 мм.

## Результаты анализа

№№	Гранулометрический состав грунта										
	Фракционный состав при просеивании								Ареометр. Анализ		
	>10 мм, %	10-5 мм, %	5-2 мм, %	2-1 мм, %	1-0,5 мм, %	0,5- 0,25 мм, %	0,25- 0,1 мм, %	0,1- 0,05 мм, %	0,05- 0,01 мм, %	0,01- 0,002 мм, %	<0,002 мм, %
1	0	0	0	0	0	0,1	0,1	4,1	12,8	6,2	76,7
2	0	0	0	0	0	0,1	0,2	3,7	12,1	7,3	76,6
3	0	0	0	0	0	0	0,2	6,7	13,3	3,4	76,4

Согласно классификации грунта В.В. Охотина данный грунт является глиной.

*Определение влажности*

Определение влажности (в т.ч. гигроскопической) грунта методом высушивания до постоянной массы согласно ГОСТ 5180-2015 [26]. Влажность грунта следует определять как отношение массы воды, удаленной из грунта высушиванием до постоянной массы, к массе высушенного грунта.



Рисунок 2.4.2 – Определение влажности грунта

Пробу грунта для определения влажности отбирают массой 15-50 г,

помещают в стаканчик, взвешивают и сушат.

Для определения гигроскопической влажности пробы массой 10-20 г, отбирают способом квартования из грунта в воздушно-сухом состоянии растёртого, просеянного сквозь сито с сеткой и выдержанного открытым не менее 2 часов. Пробу взвешивают и сушат.

Обработка результатов. Влажность грунта  $w$ , %, вычисляют по формуле:

$$w = 100(m_1 - m_0) / (m_0 - m)$$

где  $m$  – масса пустого бюкса, г;  $m_1$  – масса влажного грунта с бюксом и крышкой, г;  $m_0$  – масса высушенного грунта с бюксом, г.

Таблица 2.4.4

#### Результаты испытания

№№ п/п	Номер бюкса	Масса бюкса с крышкой $m$ , г	Масса влажного грунта с бюксом $m_1$ , г	Масса высушенного грунта с бюксом $m_0$ , г		Влажность $w$ , %	
				1-е взвешивание	2-е взвешивание	Отдельной пробы	Средняя
1	14	20,79	41,69	29,79	29,79	132,22	132,47
2	03	21,55	38,05	28,64	28,64	132,72	

#### *Определение влажности на границе раскатывания методом раскатывания в жгут*

Границу раскатывания (пластичности) следует определять как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой паста, раскатываемая в жгут диаметром 3 мм, начинает распадаться на кусочки длиной 2-10 мм. Обработка результатов аналогична определению влажности до постоянной массы.

Таблица 2.4.5

## Результаты испытания

Граница раскатывания							Число пластичности $I_p$ , % $I_p = W_L - W_p$
Номер бюкса	Масса бюкса $m$ , г	Масса влажного грунта с бюксом $m_1$ , г	Масса высушенного грунта с бюксом $m_0$ , г		Граница раскатывания $w_p$ , %		
			1-е взвешивание	2-е взвешивание	отдельной пробы	средняя	
1	2	3	4	5	6	7	8
453	21.53	36.33	32.99	32.99	29.14	30,11	97,17
548	21.90	36.83	33.29	33.29	31.08		

*Определение границы раскатывания (пластичности) влажности методом прессования*

Границу раскатывания допускается определять как влажность грунтовой пасты, устанавливающуюся после прессования ее в контакте с целлюлозой (фильтровальной бумагой) под давлением 2 МПа (20 кгс/см<sup>2</sup>) до завершения водоотдачи грунта. Обработка результатов аналогична определению влажности до постоянной массы.

Таблица 2.4.6

## Результаты испытания

№№ п/п	Номер бюкса	Масса бюкса с крышкой $m$ , г	Масса влажного грунта с бюксом $m_1$ , г	Масса высушенного грунта с бюксом $m_0$ , г		Влажность $w$ , %	
				1-е взвешивание	2-е взвешивание	Отдельной пробы	Средняя
1	597	22,29	28,72	26,49	26,49	53,1	52,7
2	358	22,54	28,11	26,20	26,20	52,2	

Таблица 2.4.7

## Результаты испытания

№№ п/п	Номер бюкса	Масса бюкса с крышкой $m$ , г	Масса влажного грунта с бюксом $m_1$ , г	Масса высушенного грунта с бюксом $m_0$ , г		Влажность $w$ , %	
				1-е взвешивание	2-е взвешивание	Отдельной пробы	Средняя
1	415	23,18	27,78	26,20	26,20	52,3	51,8
2	505	22,04	26,73	25,14	25,14	51,3	

*Определение влажности на границе текучести методом пенетрации конуса*

Границу текучести следует определять как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой балансирный конус погружается под действием собственного веса за 5 секунд на глубину 10 мм. Обработка результатов аналогична определению влажности до постоянной массы.

Таблица 2.4.8

## Результаты испытания

Номер бюкса	Масса бюкса $m$ , г	Масса влажного грунта с бюксом $m_1$ , г	Граница текучести				Показатель текучести $I_L$ , % $I_p = (w - w_p)/(w_L - w_p)$
			Масса высушенного грунта с бюксом $m_0$ , г		Граница текучести $w_L$ , %		
			1-е взвешивание	2-е взвешивание	отдельной пробы	средняя	
1	2	3	4	5	6	7	8
266	23.49	40.91	31.39	31.39	120,51	127,28	1,05
632	23.23	41.44	31.01	31.01	134,06		

*Определение плотности частиц грунта*

Определение плотности частиц грунта пикнометрическим методом согласно ГОСТ 5180-2015 [26].

Обработка результатов. Плотность грунта  $\rho_s$ , г/см<sup>3</sup> вычисляют по

формуле:

$$\rho_s = \rho_w m_0 \div (m_0 + m_2 - m_1)$$

где  $m_0$  – масса сухого грунта, г;  $m_1$  – масса пикнометра с водой и грунтом после кипячения при температуре испытания, г;  $m_2$  – масса пикнометра с водой при той же температуре, г;  $\rho_w$  – плотность воды при той же температуре, г/см<sup>3</sup>.



Рисунок 2.4.3 – Определение плотности частиц грунта

Таблица 2.4.9

Определение плотности частиц грунта пикнометрическим методом

№ пикнометра		Масса сухого грунта		Масса пикнометра, г		Масса пикнометра с водой, г		Температура	Плотность частиц	
Проба 1	Проба 2	1	2	1	2	1	2		1	2
54	55	14,92	14,96	155,27	146,07	146,46	137,21	21	2,44	2,45
3	59	14,97	14,97	146,04	147,55	137,17	138,65	21	2,45	2,46
54	55	14,92	14,96	155,29	146,09	146,43	137,21	21	2,46	2,46
3	59	14,97	14,97	146,04	147,55	137,06	138,57	21	2,49	2,49

## Классификация грунта

Лабораторный номер	Влажность $W$ , %	Влажность границы		Число пластичности $I_p^*$	Показатель текучести $I_L^*$	Наименование грунта по ГОСТ 25100-2020
		текучести $W_L$ , %	раскатывания $W_p$ , %			
-	132,47	127,28	30,11	97,17	1,05	Глина текучая

Таким образом, согласно классификации ГОСТ 25100-2020 по числу пластичности и показателю текучести объемная проба представлена глиной текучей [24]

*Определение индекса свободного набухания (Free swell index) для единой пробы.*

Определение индекса свободного набухания, является одним из часто используемых простых экспериментов, выполняемых инженерами-геотехниками для получения диапазона расширения грунтов.

Тест на индекс свободного набухания показывает только увеличение объема грунта без каких-либо внешних ограничений при погружении в воду. 20 мл Глинопорошка помещают в мерный цилиндр объемом 100 см<sup>3</sup>, заливают дистиллированной водой, и оставляют образец в покое. Затем свободное набухание определяется как увеличение объема грунта, выраженное в процентах к первоначальному объему грунта.

$$FSI = ((V - V_0) / V_0)$$





Рисунок 2.4.4 – Индекс свободного набухания

Этот метод основан на соотношении равновесного объема грунта к сухому весу грунта.

Таблица 2.4.11

Результаты испытания

№ образца	Начальный объем (V)	Конечный объем (V)	Индекс свободного набухания (Free swell index)
Образец 1	20 мл	127 мл	5,08
Образец 2	20 мл	126 мл	5,04

По результатам испытания согласно IS 1498, если индекс свободного набухания больше 4, то грунт относится сильнонабухающим [28]

Глинопорошок разделили на 4 равные части по 400г с добавлением воды, образец №1 - 200 гр.; образец №2 - 300 гр.; образец № 3 - 400 гр.; образец №4 - 500 гр.

Для определения диапазона набухания и изменения характеристик прочностных и деформационных свойств нами были проведены лабораторные исследования для проб с разной влажностью.

Объемную пробу грунта просушили в печи и размолоти на мельнице в порошок.



Рисунок 2.4.5 – Деление объемной пробы и ее увлажнение

Определение влажности грунта методом высушивания до постоянной массы согласно ГОСТ 5180-2015 [26].

Таблица 2.4.12

Определение влажности методом высушивания до постоянной массы

№№ п/п	Номер бюкса	Масса бюкса с крышкой $m$ , г	Масса влажного грунта с бюксом $m_0$ , г	Масса высушенного грунта с бюксом $m_0$ , г		Влажность $w$ , %	
				г		Отдельной пробы	Средняя
				1-е взвешивание	2-е взвешивание		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	314	22.13	44.17	37.80	37.80	40.65	39,59
	631	23.39	44.64	38.73	38.73	38.53	
2	207	22.30	44.93	34.93	34.93	79.81	78,91
	565	21.75	44.5	34.53	34.53	78.01	
3	644	21.52	45.14	33.07	33.07	106.50	106,87
	467	22.27	41.5	31.46	31.46	107.25	
4	410	23.79	46.06	33.32	33.32	133.68	133,1
	12	22.85	46.66	33.09	33.09	132.52	

Таблица 2.4.13

Плотность грунта

№ п/п	Номер кольца	Масса кольца с грунтом $m_1$ , г	Масса кольца $m_0$ , г	Внутренний объем кольца $V$ , $см^3$	Плотность грунта $\rho$ , $г/см^3$	Средняя
1	2	3	4	5	6	7
1	1	139,27	58,68	44,902	1,795	1,73
	1	133,71	58,68	44,902	1,671	
2	4	126,71	58,68	44,902	1,515	1,51
	4	126,09	58,68	44,902	1,501	
3	6	122,82	58,68	44,902	1,428	1,42
	6	122,52	58,68	44,902	1,422	
4	3	121,15	58,68	44,902	1,391	1,39
	3	121,10	58,68	44,902	1,390	

Таблица 2.4.14

Классификация грунта

Лабораторный номер	Влажность $W$ , %	Влажность границы		Число пластичности $I_p^*$	Показатель текучести $IL^*$	Плотность			Пористость $n^*$ , д.ед.	Коэффициент пористости $e^*$ д.ед.	FSI (индекс свободного набухания)	Наименование грунта по ГОСТ 25100-2020
		текучести $W_L$ , %	раскатывания $W_p$ , %			естественная $\rho$ , $г/см^3$	частиц грунта $\rho_s^*$ $г/см^3$	сухого грунта $\rho_d$ , $г/см^3$				
1	39,59	127,28	30,11	97,17	0,097	1,73	2,46	0,043	0,98	1,01	5,06	Глина полутвердая
2	78,91	127,28	30,11	97,17	0,502	1,51	2,46	0,019	0,99	1,92		Глина мягкопластичная
3	106,87	127,28	30,11	97,17	0,790	1,42	2,46	0,013	0,99	2,57		Глина текучепластичная
4	133,1	127,28	30,11	97,17	1,060	1,39	2,46	0,010	1,00	3,13		Глина текучая

Классифицируем грунт согласно ГОСТ 25100-2020 [24]. По числу пластичности  $I_p$  и показателю текучести  $I_L$ . Полученные результаты приведены в таблице 3.1.2.9.

*Определение характеристик прочности методом одноплоскостного среза согласно ГОСТ 12248-2010 [25].*

Испытание грунта методом одноплоскостного среза проводят для определения характеристик прочности: угла внутреннего трения  $\varphi$  и удельного сцепления  $c$ .

Эти характеристики определяют по результатам испытаний образцов грунта в одноплоскостных срезных приборах с фиксированной плоскостью среза путем сдвига одной части образца относительно другой его части горизонтальной нагрузки при предварительном нагружении образца нагрузкой, нормальной к плоскости среза.

Неконсолидированный быстрый срез проводят для водонасыщенных глинистых грунтов имеющих показатель текучести  $I_L \geq 0,5$ .

Таблица 2.4.15

Значения нормальных давлений ГОСТ 12248.1-2020 [23].

Показатель текучести	$\rho$ , МПа
$0,5 \leq I_L < 1,0$	0,05;0,1;0,15
$I_L \geq 1,0$	0,025;0,075;0,125

Результаты испытания:

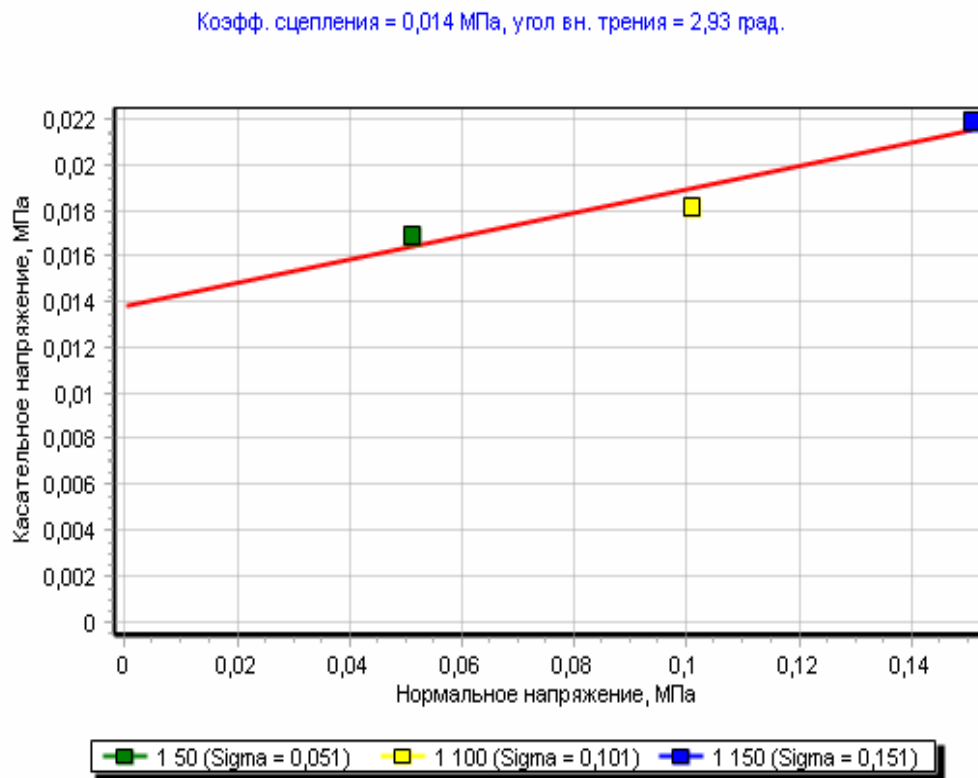


Рисунок 2.4.6 – Зависимость касательных напряжений от нормальных для образца №1

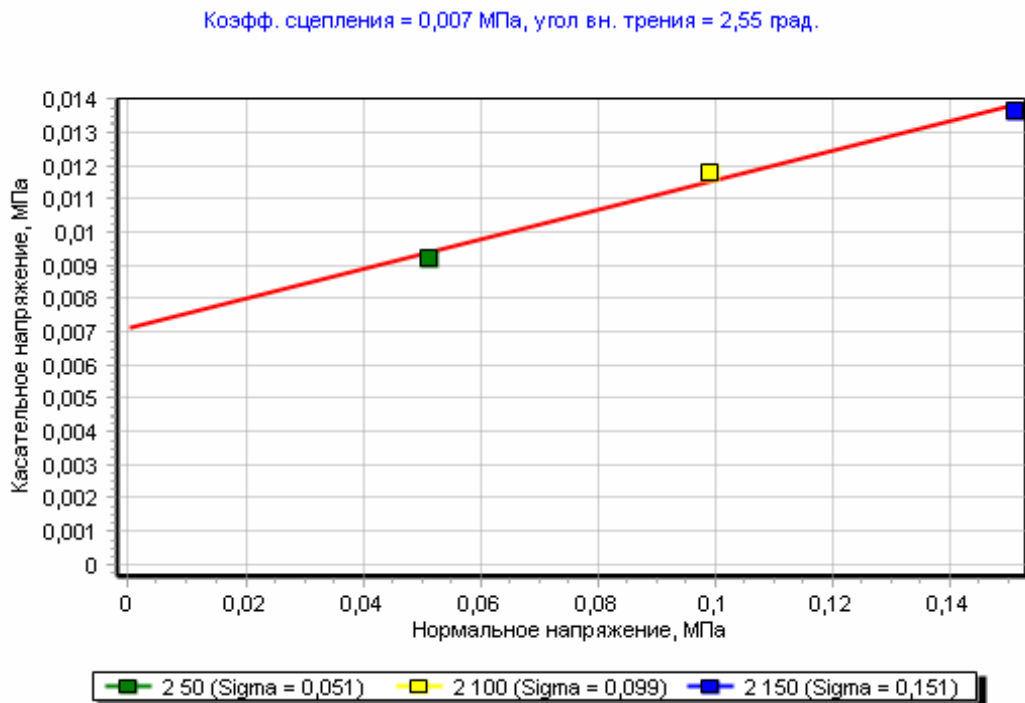


Рисунок 2.4.7 – Зависимость касательных напряжений от нормальных для образца №2

Козфф. сцепления = 0,005 МПа, угол вн. трения = 2,01 град.

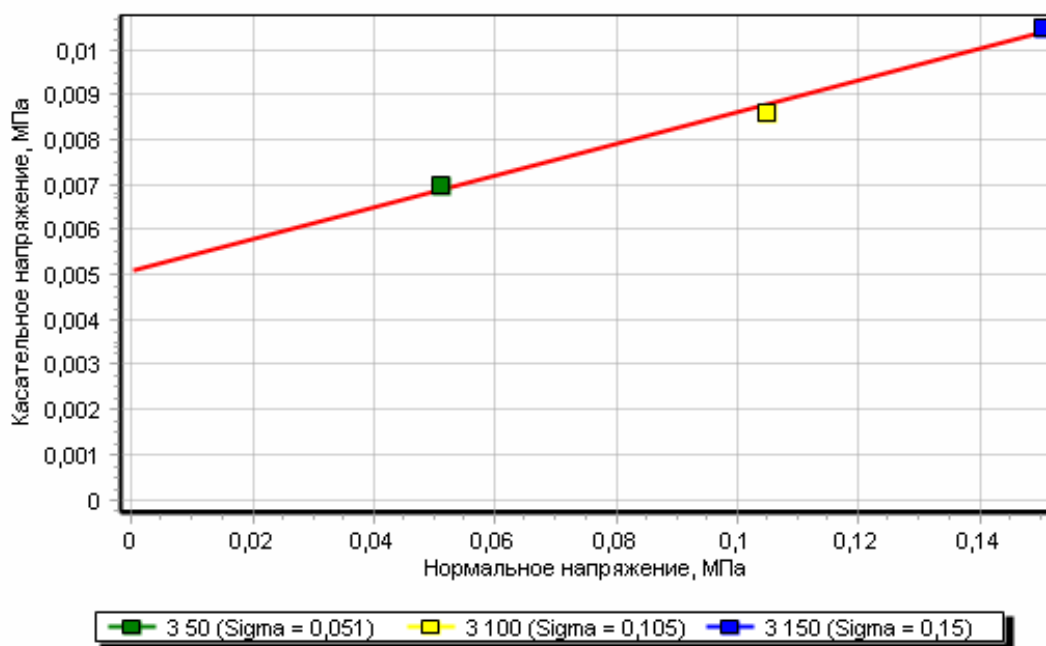


Рисунок 2.4.8 – Зависимость касательных напряжений от нормальных для образца №3

Козфф. сцепления = 0,005 МПа, угол вн. трения = 1,01 град.

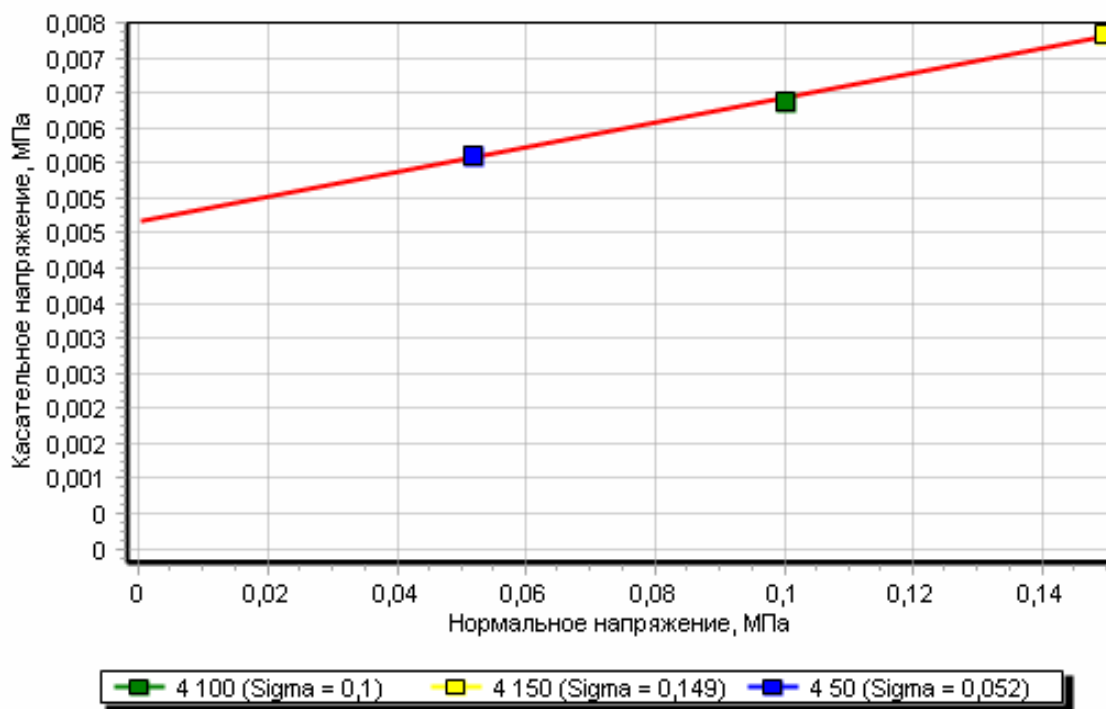


Рисунок 2.4.9 – Зависимость касательных напряжений от нормальных для образца №4

Угол внутреннего трения  $\varphi^\circ$  и удельное сцепление  $c$  определяют как параметры линейной зависимости, по формуле:

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c$$

Вывод:

Таблица 2.4.16

№ образца	Угол внутреннего трения $\varphi^\circ$	Удельное сцепления $c$ , МПа
1	2,93	0,014
2	2,55	0,007
3	2,01	0,005
4	1,01	0,005

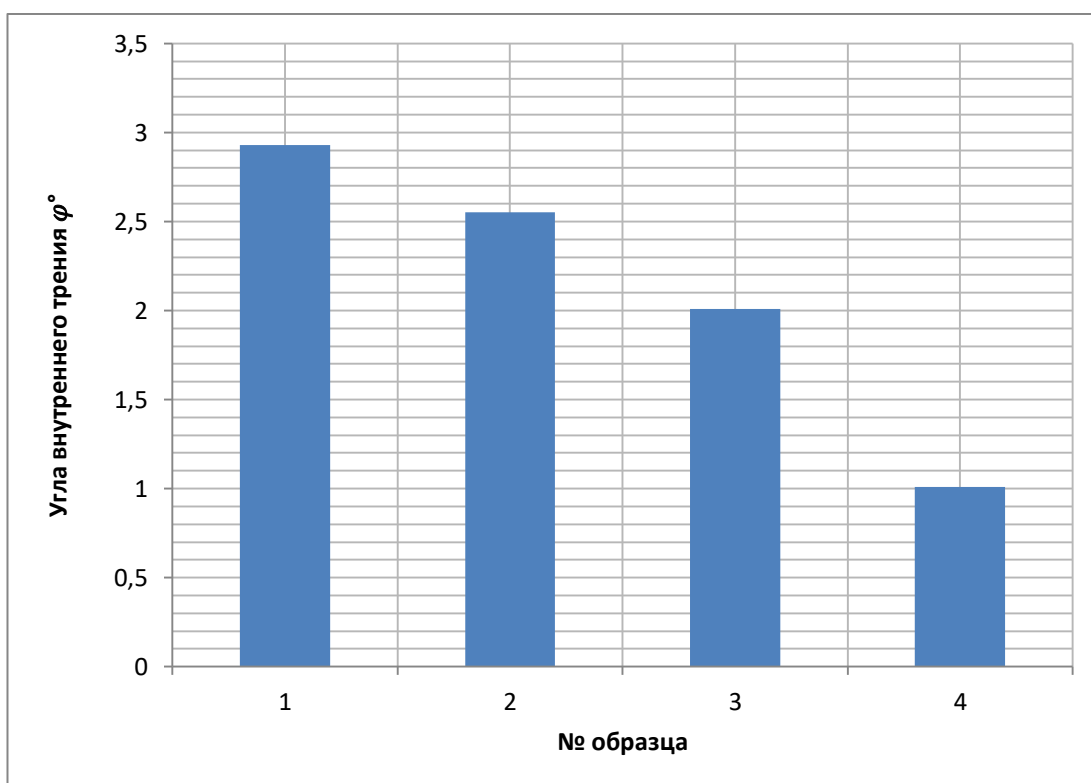


Рисунок 2.4.10 - Изменения угла внутреннего трения для образцов с разной влажностью

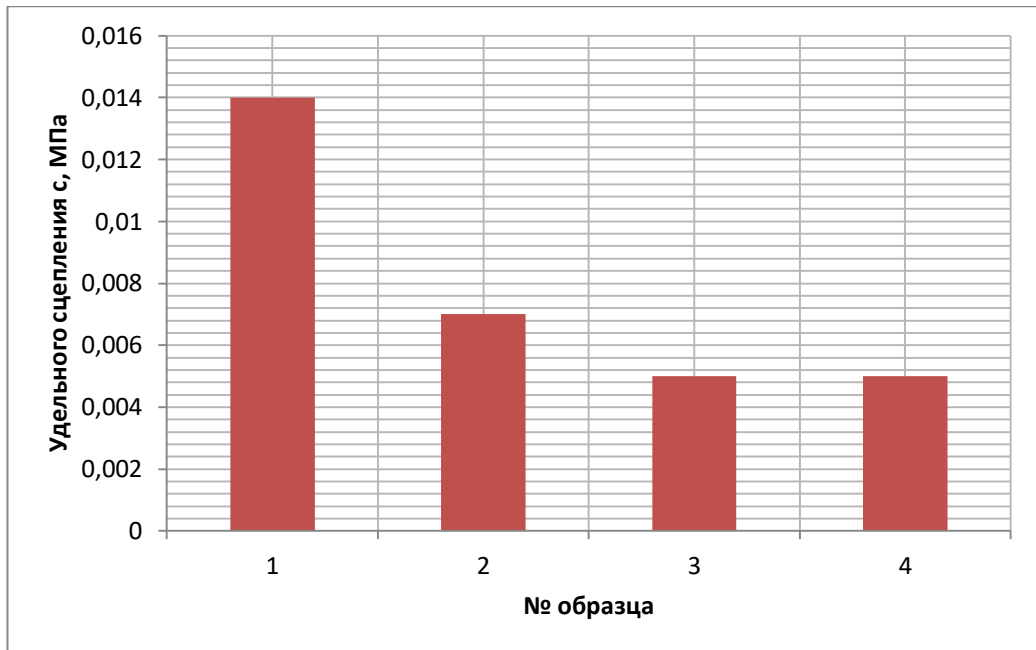


Рисунок 2.4.11 - Изменения сцепления для образцов с разной влажностью

Из рисунка Рисунок 3.1.2.5 и Рисунок 3.1.2.6 видно, что увеличение влажности грунта приводит к резкому уменьшению параметров  $\varphi^{\circ}$  и  $c$ , вследствие перехода от полутвердого состояния в текучее. Сцепление грунта уменьшается от 0,014 до 0,005 МПа, а угол внутреннего трения снижается от 2,93 до 1,01 при увлечении влажности.

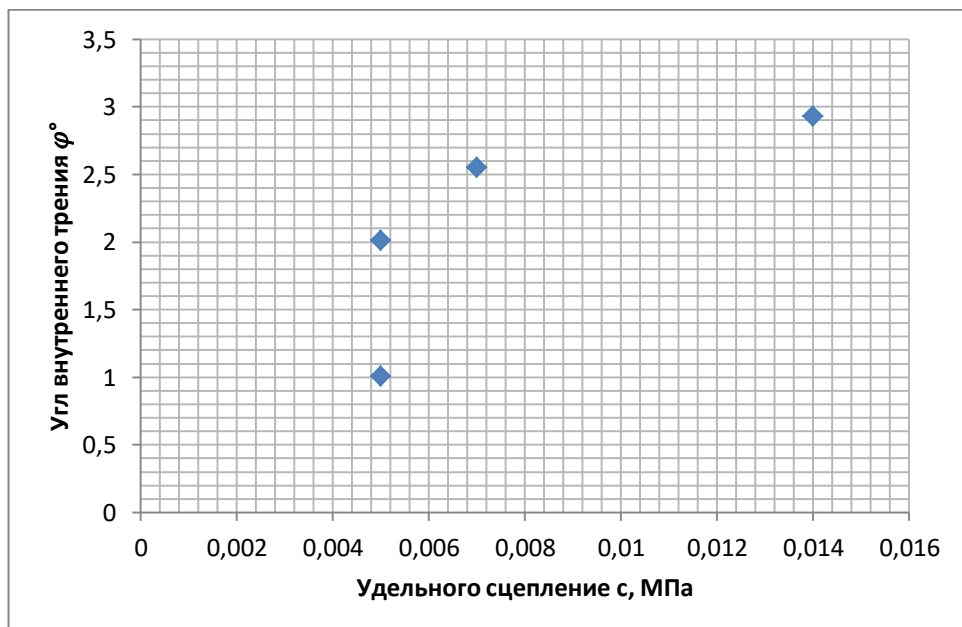


Рисунок 2.4.12 - Зависимости угла внутреннего трения от сцепления.

Чем больше угол внутреннего трения, тем выше удельное сцепление, чем меньше угол внутреннего трения, тем ниже удельное сцепление (рис. 2.4.12).



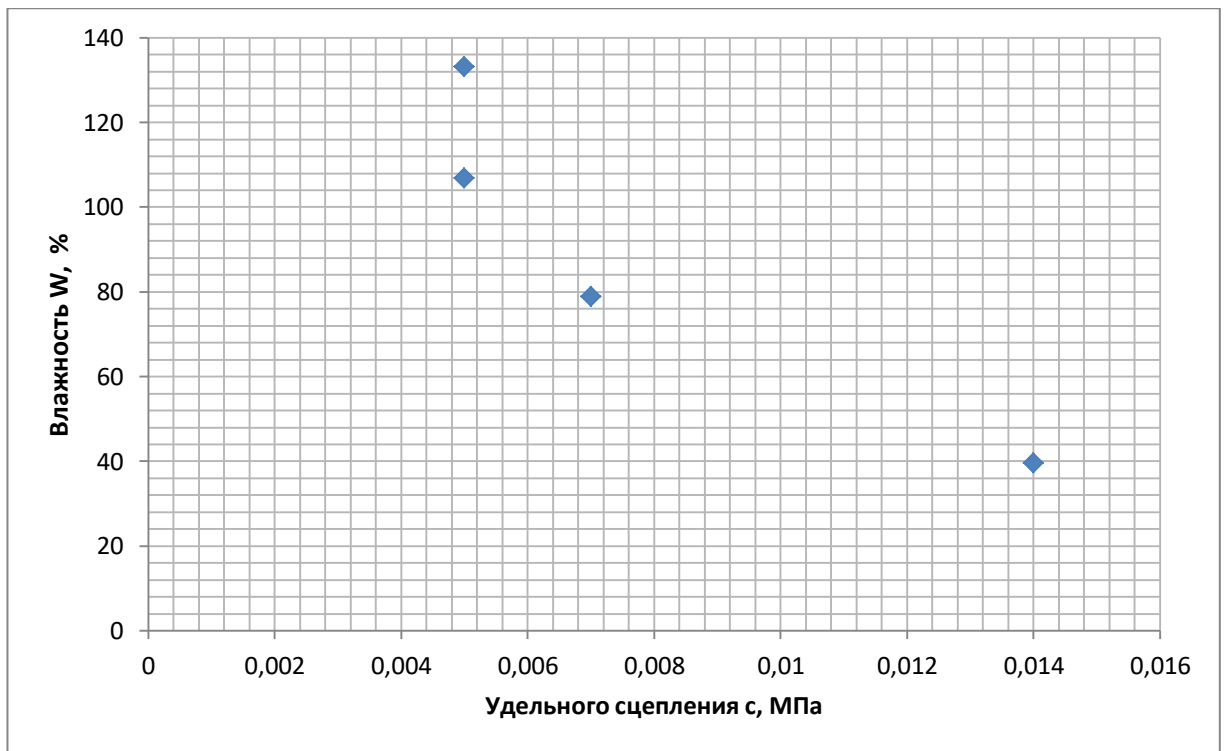


Рисунок 2.4.13 - Зависимости удельного сцепления от влажности

Можно заметить как с ростом влажности, уменьшается удельное сцепление (рис. 2.4.13).

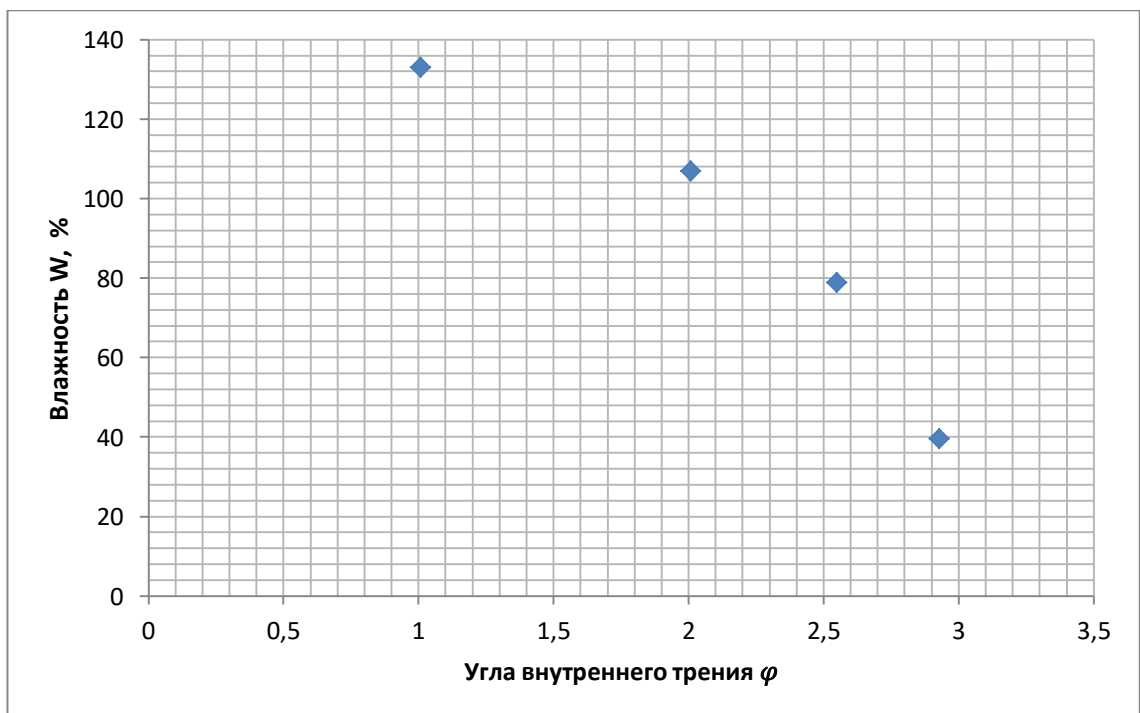


Рисунок 2.4.14 - Зависимости угла внутреннего трения от влажности

На графике видно, как с ростом влаги, угол внутреннего трения так же уменьшается (рис. 2.4.14).

Испытания грунта методом свободного набухания в приборах ПНГ согласно ГОСТ 12248.6-2020 [20].



Рисунок 2.4.15 – Прибор для теста на свободное набухание

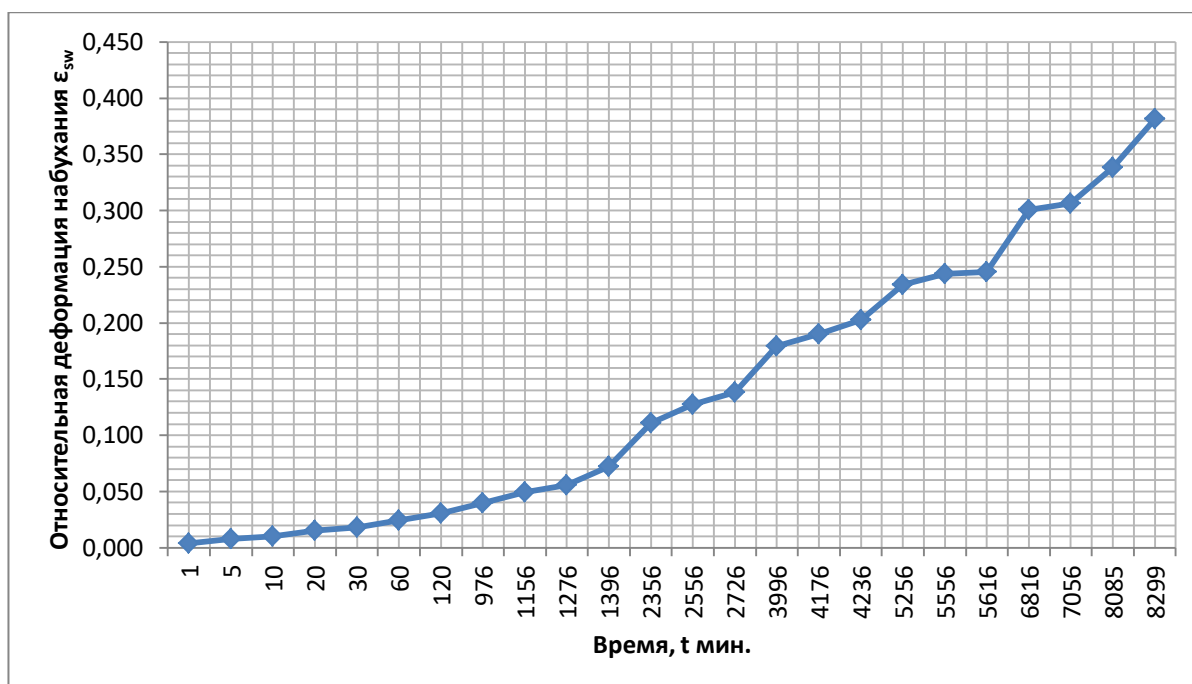


Рисунок 2.4.16 – Зависимость относительной деформации набухания от времени для образца №1 ( $\epsilon_{sw} = 0,382$ )

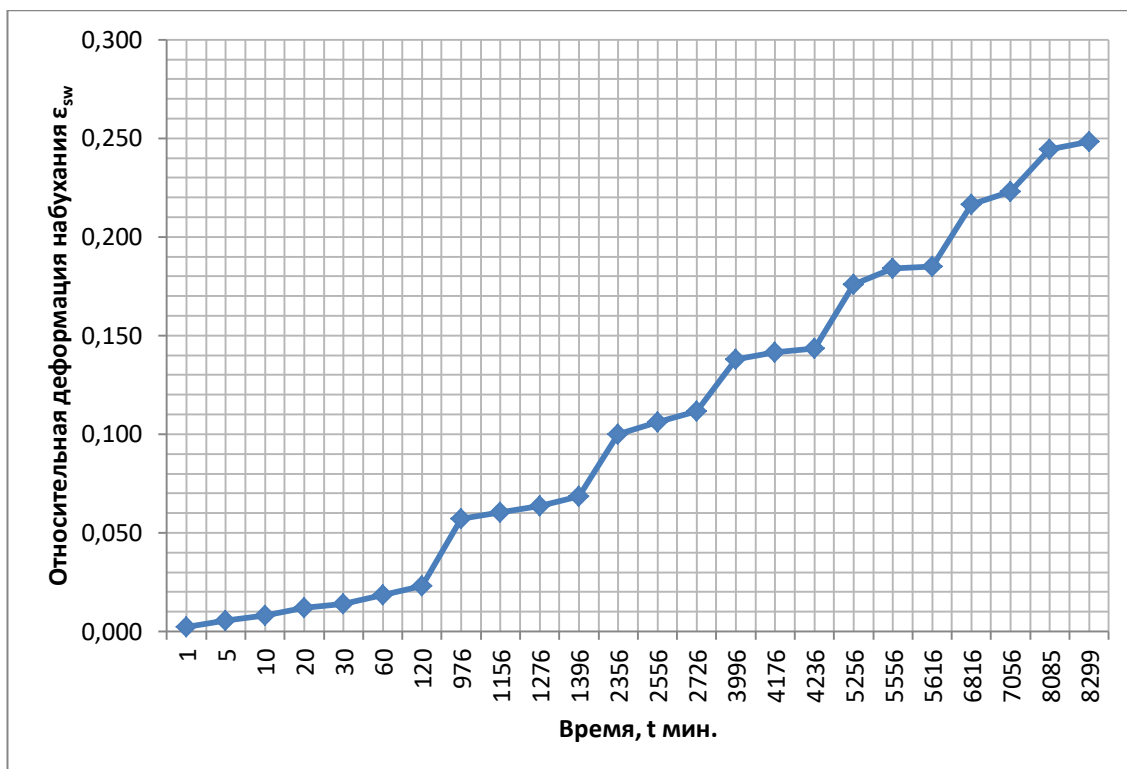


Рисунок 2.4.17 Зависимость относительной деформации набухания от времени для образца №2 ( $\epsilon_{sw} = 0,248$ )

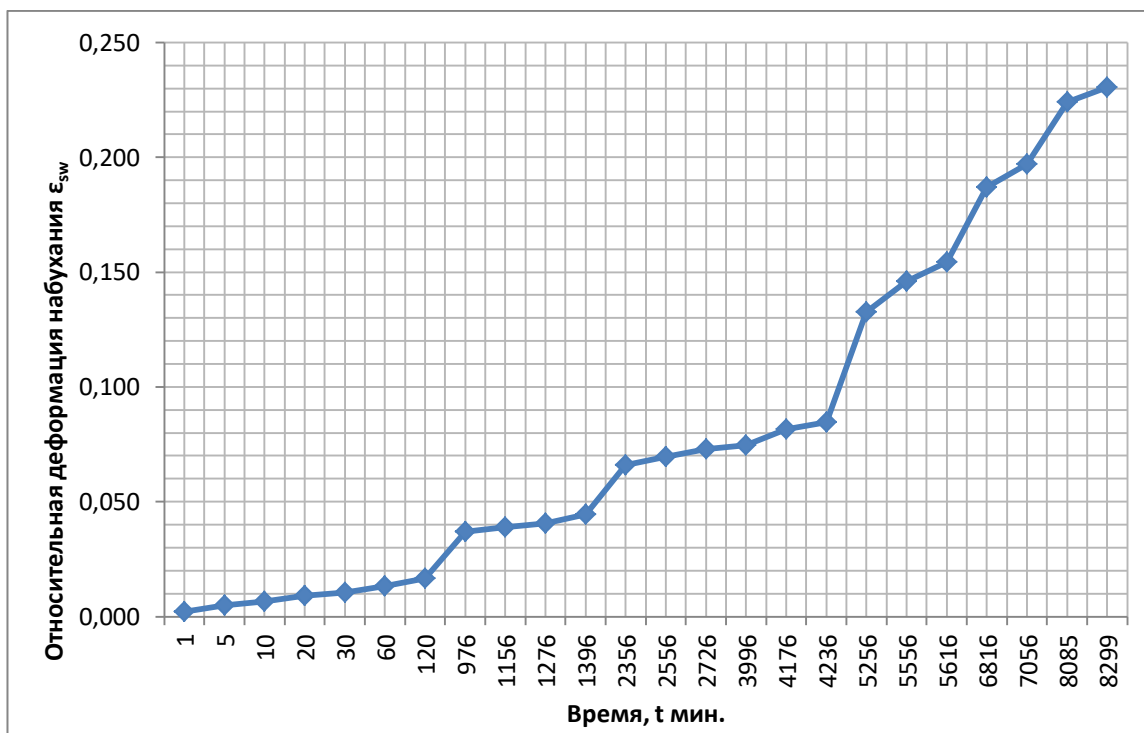


Рисунок 2.4.18 - Зависимость относительной деформации набухания от времени для образца №3 ( $\epsilon_{sw} = 0,23$ )

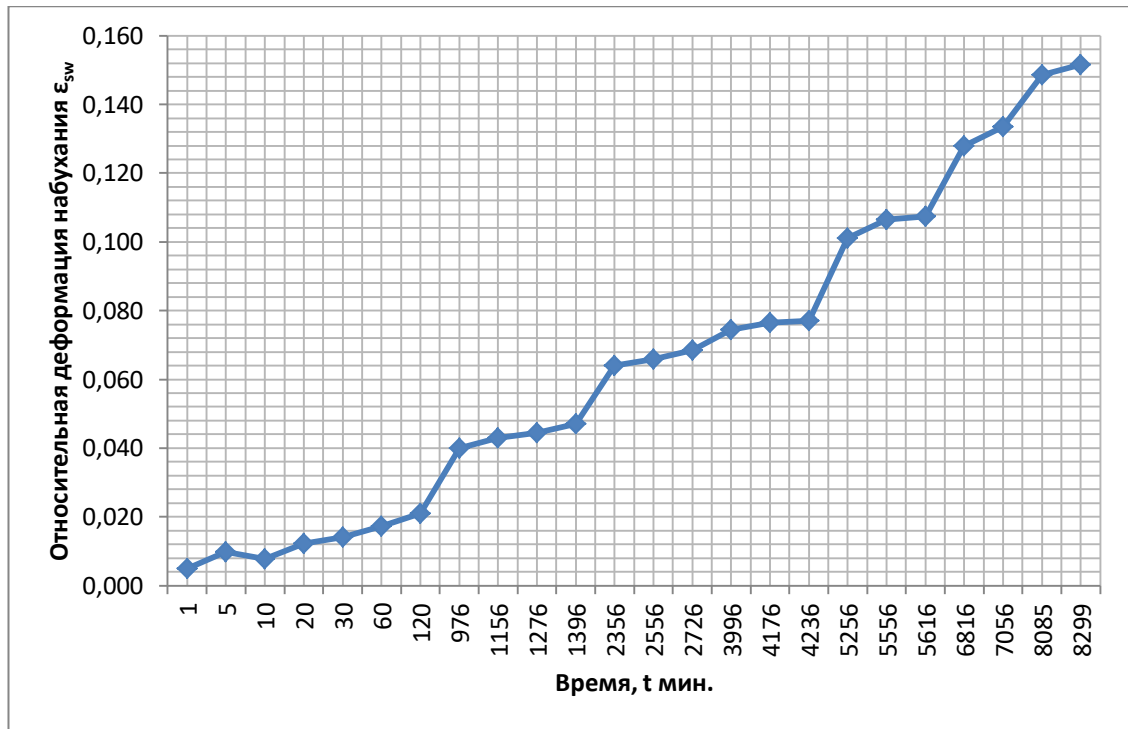


Рисунок 2.4.19 - Зависимость относительной деформации набухания от времени для образца №4 ( $\epsilon_{sw} = 0,152$ )

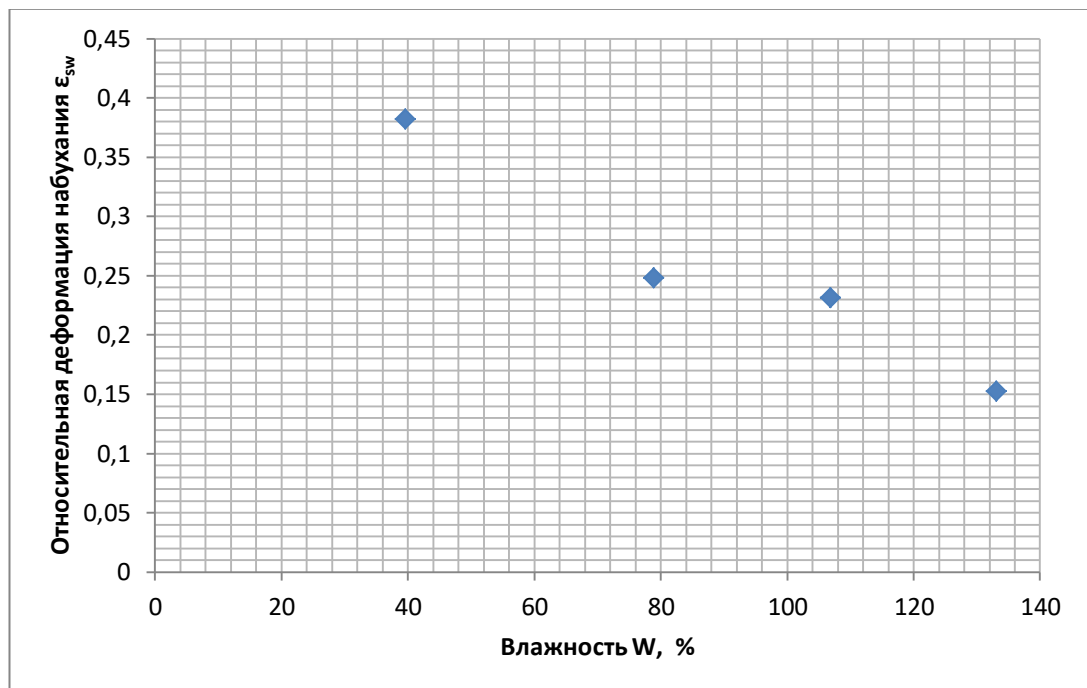


Рисунок 2.4.20 - Зависимости относительной деформации набухания от влажности

На рисунке (2.4.20) видно, как ведут себя грунты, при разной заданной влажности: у грунта насыщенного водой, относительная деформация составляет 0,152 д.е., у грунта с наименьшим насыщением водой,

относительная деформация составляет 0,382 д.е. Следовательно, чем выше влага, в момент опробования тем меньше будет деформация.

Таблица 2.4.17

№ образца	Относительная деформация набухания $\varepsilon_{sw0}$	Разновидности глинистых грунтов
1	0,382	Сильнонабухающий
2	0,248	Сильнонабухающий
3	0,231	Сильнонабухающий
4	0,152	Сильнонабухающий

По результатам испытания (таблице 2.4.17) все 4 образца относятся к сильнонабухающим глинистым грунтам, однако можно проследить как с увеличением воды в образцах, уменьшается относительная деформация грунта.

*Определение показателей модуля деформации и коэффициента сжимаемости ГОСТ 12248-2010 [25].*

Испытание грунта методом компрессионного сжатия проводят для определения следующих характеристик деформируемости: коэффициента сжимаемости  $m_0$  модуля деформации  $E$ , структурной прочности на сжатие  $\rho_{str}$ , коэффициентов фильтрационной и вторичной консолидации  $c_V$  и  $c_a$  для песков мелких и пылеватых, глинистых грунтов с показателем текучести  $IL > 0,25$ , органо-минеральных и органических грунтов, относительного суффозионного сжатия и начального давления суффозионного сжатия  $\rho_{sf}$  для засоленных (содержащих легко- и среднерастворимые соли) песков (кроме гравелистых), супесей и суглинков [25].

Эти характеристики определяют по результатам испытаний образцов грунта в компрессионных приборах (одометрах) или компрессионно-фильтрационных приборах (для определения характеристик суффозионного сжатия), исключающих возможность бокового расширения образца грунта при его нагружении вертикальной нагрузкой [25].

Результаты испытаний должны быть оформлены, как правило, в виде графиков зависимостей деформаций образца от нагрузки и их изменения во времени.



Рисунок 2.4.21 – Испытание в компрессионном приборе

Таблица 2.4.18

Данные по компрессионному испытанию (Образец №1)

Нагрузка, МПа	Деформация, мм	Относительная деформация	Модуль деформации, МПа	Коэффициент пористости	Коэффициент сжимаемости
0	0	0	0	1,01	0
0,025	0,56	0,022	0,45	0,96	1,80
0,050	1,12	0,045	0,45	0,92	1,80
0,100	1,96	0,078	0,60	0,85	1,35
0,200	3,07	0,123	0,90	0,76	0,89
0,300	4,00	0,160	1,08	0,69	0,75

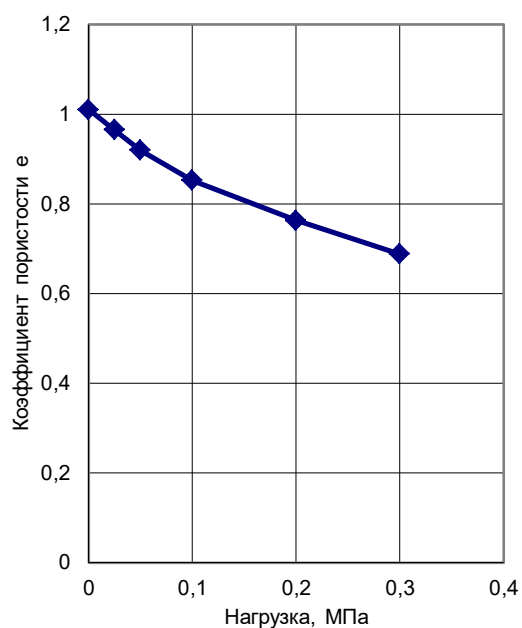
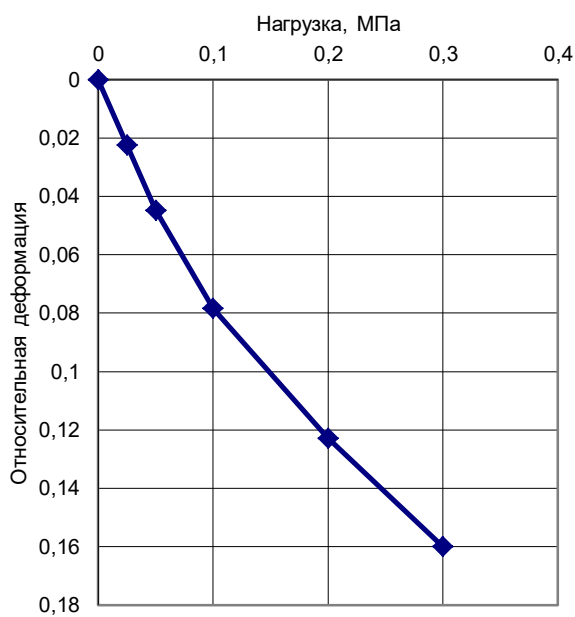


Рисунок 2.4.22 – График зависимости относительных деформаций набухания от вертикального давления  $p_{sw}$

Таблица 2.4.19

Данные по компрессионному испытанию (Образец №2)

Нагрузка, МПа	Деформация, мм	Относительная деформация	Модуль деформации, МПа	Коэффициент пористости	Коэффициент сжимаемости
0	0	0	0	1,92	0
0,025	0,49	0,020	0,51	1,86	2,29
0,050	0,96	0,038	0,53	1,81	2,20
0,100	1,75	0,070	0,63	1,72	1,85
0,200	3,08	0,123	0,75	1,56	1,55
0,300	4,30	0,172	0,82	1,42	1,42

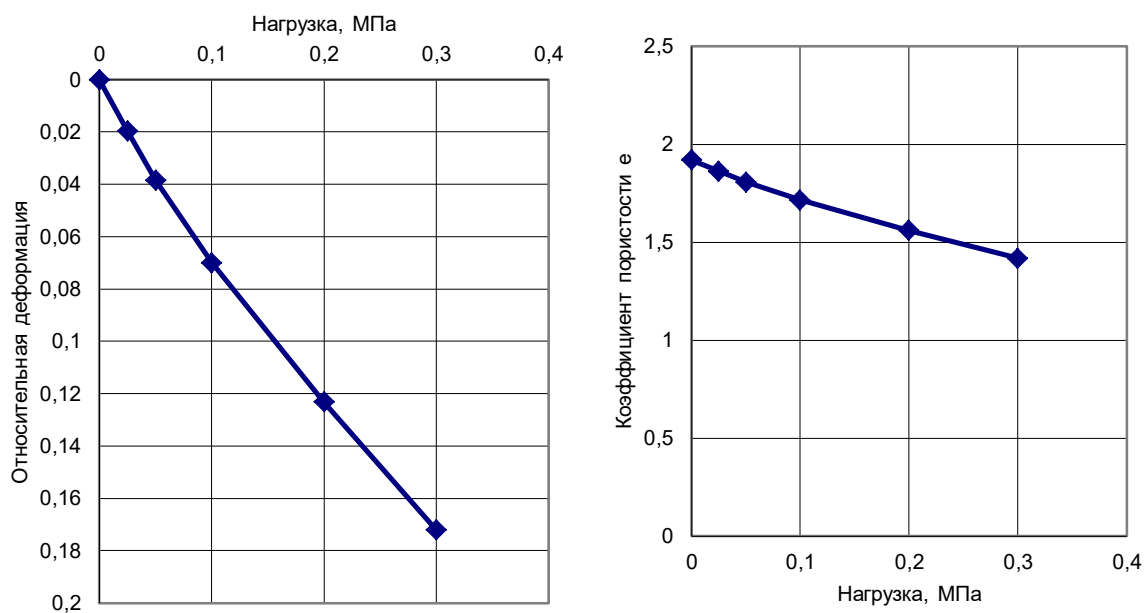


Рисунок 2.4.23 – График зависимости относительных деформаций набухания от вертикального давления  $p_{sw}$

Таблица 2.4.20

Данные по компрессионному испытанию (Образец №3)

Нагрузка, МПа	Деформация, мм	Относительная деформация	Модуль деформации, МПа	Коэффициент пористости	Коэффициент сжимаемости
0	0	0	0	2,57	0
0,025	0,39	0,016	0,64	2,51	2,23
0,050	2,64	0,106	0,11	2,19	12,85
0,100	3,95	0,158	0,38	2,01	3,74
0,200	6,22	0,249	0,44	1,68	3,24
0,300	7,29	0,292	0,93	1,53	1,53



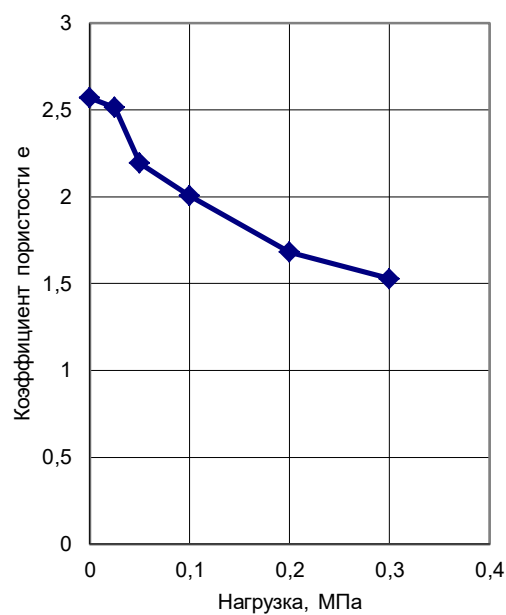
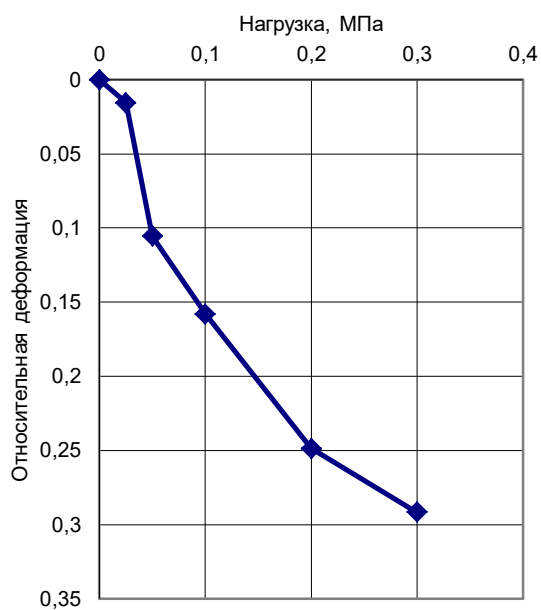


Рисунок 2.4.24 – График зависимости относительных деформаций набухания от вертикального давления  $p_{sw}$

Таблица 2.4.21

Данные по компрессионному испытанию (Образец №4)

Нагрузка, МПа	Деформация, мм	Относительная деформация	Модуль деформации, МПа	Коэффициент пористости	Коэффициент сжимаемости
0	0	0	0	3,12	0
0,025	2,07	0,083	0,12	2,78	13,65
0,050	3,51	0,140	0,17	2,54	9,49
0,100	4,95	0,198	0,35	2,30	4,75
0,200	7,09	0,284	0,47	1,95	3,53
0,300	7,99	0,320	1,11	1,80	1,48

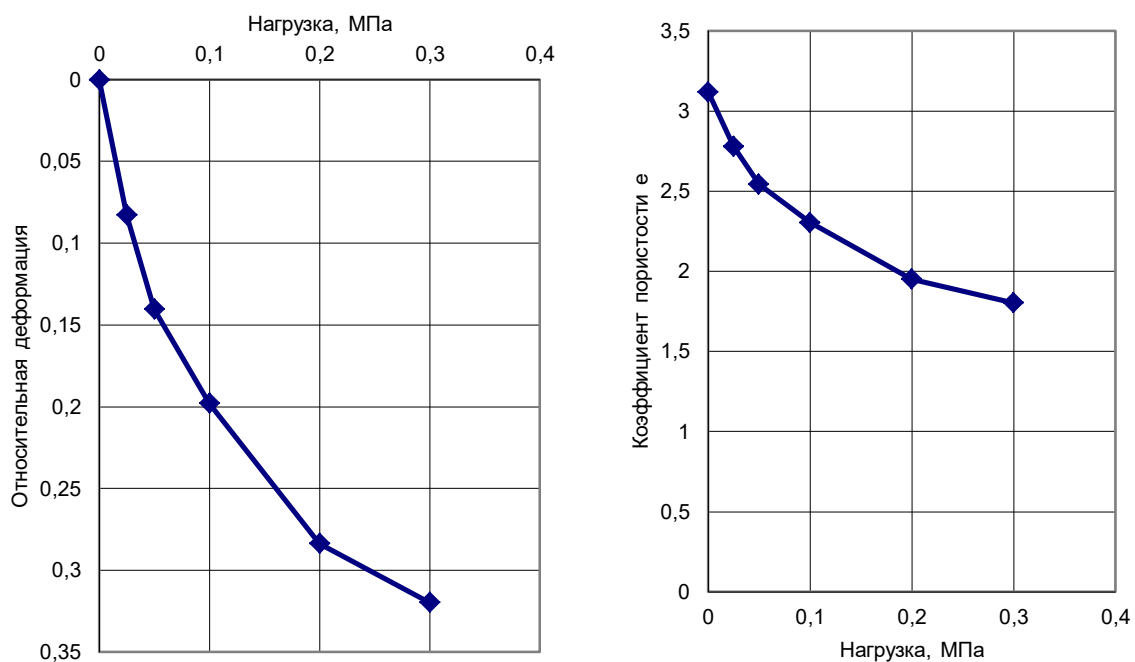


Рисунок 2.4.25 – Зависимости относительных деформаций набухания от вертикального давления  $p_{sw}$

Вывод:

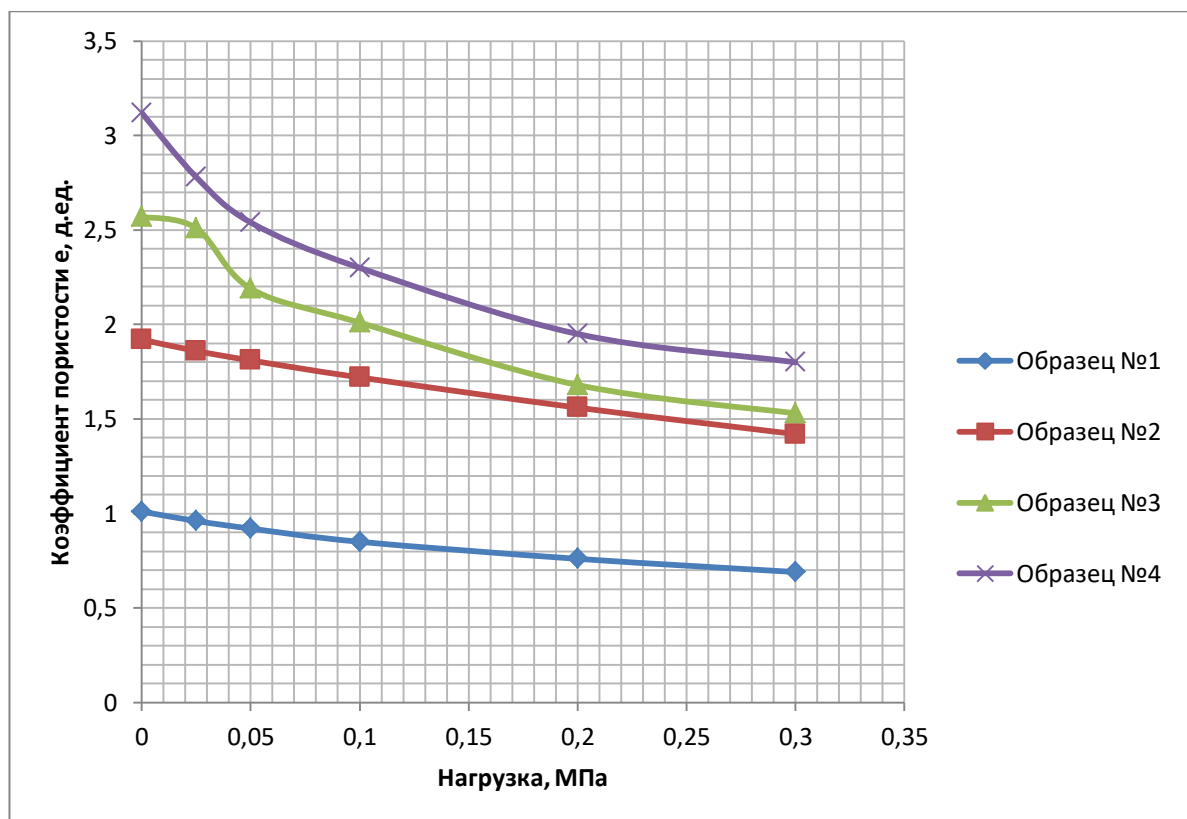


Рисунок 2.4.26 – Зависимость коэффициента пористости от нагрузки

На рисунке (2.4.26) видно как под нагрузками изменяются коэффициенты пористости грунтов, видно, что минимальные значения отмечены для твердой глины, а максимальные для текучей.

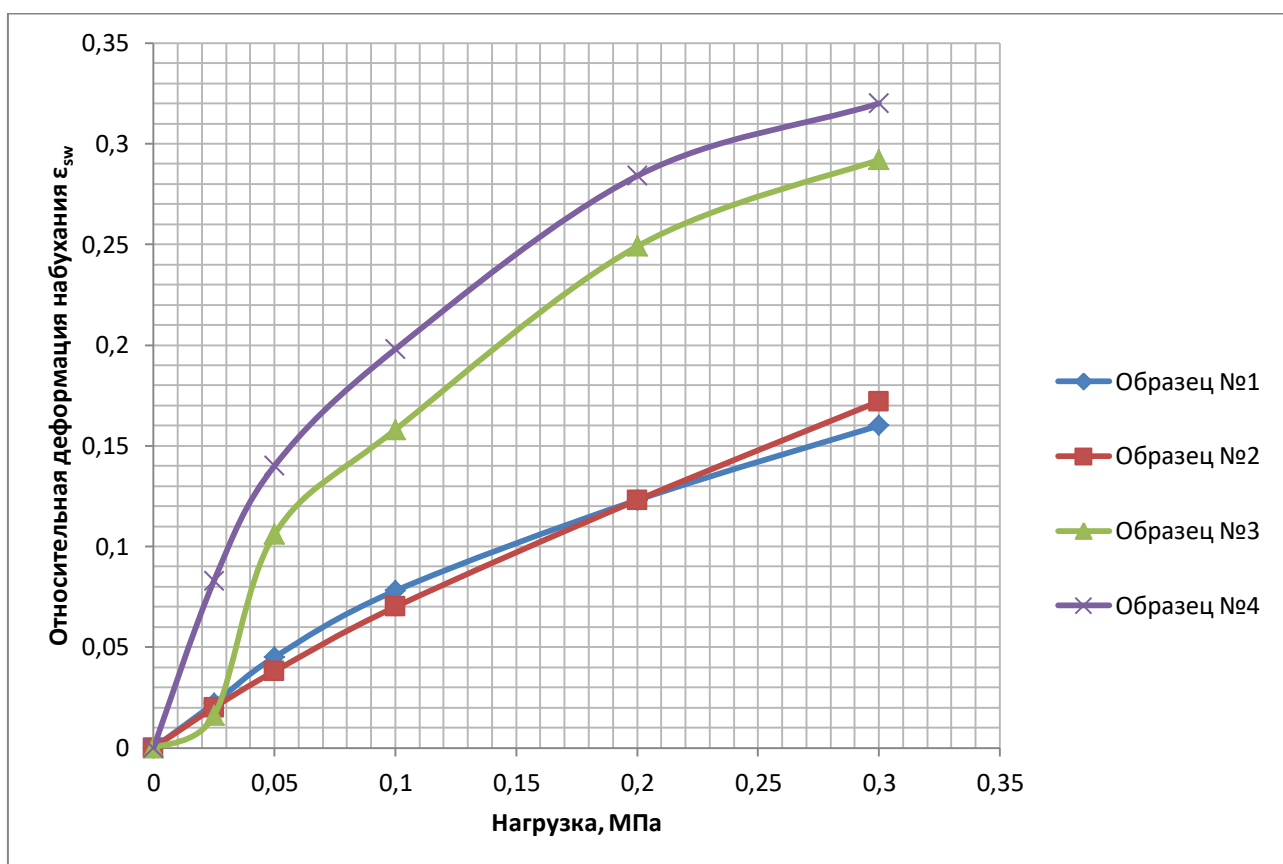


Рисунок 2.4.27 –Зависимости относительной деформации от нагрузки

На рисунке (2.4.27) видно как под нагрузками изменяется относительная деформация грунтов, видно, что минимальные значения для твердой глины, а максимальные текучей глины.



Рисунок 2.4.28 – Образцы после испытания в компрессионных приборах

## Модули деформации

№ образца	Модули деформации, МПа				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3
1	0,45	0,45	0,6	0,9	1,08
2	0,51	0,53	0,63	0,75	0,82
3	0,64	0,11	0,38	0,44	0,93
4	0,12	0,17	0,35	0,47	1,11

*Определение давление набухания методом водонасыщения образца противодавлением ГОСТ 12248-2010 [25].*

Набухание под нагрузкой определяют испытанием, путем противодействия. Испытания проводят для определения показателей, характеризующих изменение объема глинистых грунтов. Определяют следующие характеристики:

- набухание под нагрузкой  $\epsilon_{sw}$
- давление набухания  $p_{sw}$
- влажность грунта после набухания  $w_{sw}$ .

## Образец №1

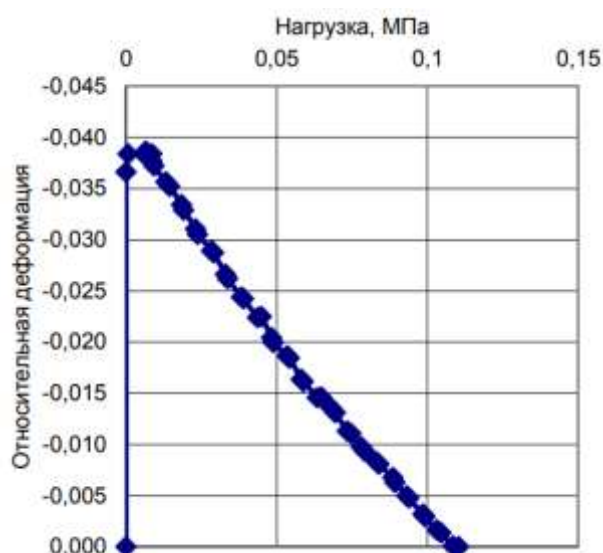


Рисунок 2.4.29 – График относительной деформации грунта

## Данные по испытанию

Результаты испытания (характеристики набухания грунта):

Относительная деформация набухания $\varepsilon_{sw}$	0,039
Давление набухания $P_{sw}$ , МПа	0,110
Влажность после испытания, %	29,21

## Образец №4

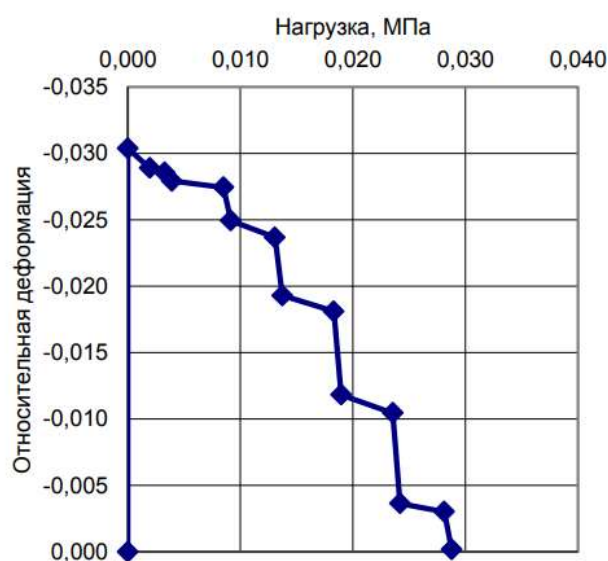


Рисунок 2.4.30 – График относительной деформации грунта

## Данные по испытанию

Результаты испытания (характеристики набухания грунта):

Относительная деформация набухания $\varepsilon_{sw}$	0,030
Давление набухания $P_{sw}$ , МПа	0,029
Влажность после испытания, %	29,21

## Вывод

№	Относительная деформация набухания $\varepsilon_{sw}$	Давление набухания $P_{sw}$ , МПа	Разновидности глинистых грунтов
Образец 1	0,039	0,110	Слабонабухающие
Образец 4	0,030	0,029	Слабонабухающие

По результатам испытания были определены давления набухания, от 0,029 до 0,110 МПа, которые сопоставимы с нагрузкой от сооружений, согласно (СП 22.13330 для зданий принимается 0,01-0,02МПа, для дорожных насыпей – 0,05МПа).

*Определение показателей усадки грунта согласно ГОСТ 12248.6-2020 [20].*

Испытания проводят для определения показателей, характеризующих изменение объема глинистых грунтов при высыхании.

Для испытания были использованы образцы нарушенного сложения с заданными значениями влажности. Испытания проводились до полной потери грунтом влаги.

Первый этап испытания.

На первом этапе измеряется высота, диаметр и масса грунта.

Таблица 2.4.26

№	h, мм	d, мм	m, гр
1	18,4	56	71,18
2	20,7	58	62,91
3	17,1	56	46,68
4	15	59	41,71
№	h, мм	d, мм	m, гр
1	17,2	56	70,23
2	20,6	58	61,79
3	17	56	60,03
4	14,8	59	51,11



Рисунок 2.4.31 – Сушка образцов в эксикаторе

Второй этап испытания.

На втором этапе измеряется масса грунта помещенного в эксикатор.

Таблица 2.4.27

№	h, мм	d, мм	m, гр
1	16,2	56	65,32
2	18,9	58	57,76
3	14,8	56	55,29
4	13,1	59	48,33
№	h, мм	d, мм	m, гр
1	14,3	56	64,67
2	17,1	58	56,80
3	12,2	56	53,46
4	12,1	59	46,65
№	h, мм	d, мм	m, гр
1	13,8	54,2	63,06
2	15,6	57,1	55,08
3	11,3	55,4	52,77
4	11,8	57,3	46,04
№	h, мм	d, мм	m, гр
1	13,1	53,1	58,57
2	14,7	55,4	49,76
3	10,8	53,8	44,92
4	11,1	55,1	38,15
№	h, мм	d, мм	m, гр
1	12, 4	50,3	55,17
2	13,1	51,7	46,34
3	10,2	50,6	40,64
4	10,4	51,7	36,04



Рисунок 2.4.32 – Образцы грунта после сушки в эксикаторе

Третий этап испытания.

На третьем этапе проводят контрольные измерения высота, диаметр и масса грунта, после сушки в термостате.



Рисунок 2.4.35 – Образцы грунта после сушки в термостате

Таблица 2.4.28

№	h, мм	d, мм	m, гр
1	9,2	45	27,53
2	9,6	44	22,17
3	8	38	17,91
4	8	39	15,02



## Обработка результатов

По результатам испытаний усадки вычисляем объем грунта на каждый момент измерения по формуле:

$$V_i = \frac{\pi d_i^2 h_i}{4}$$

Где  $d_i$  – диаметр образца в момент измерения, определенный как среднее арифметическое значение измерений в трех направлениях, см;  $h_i$  – высота образца в момент измерения, см;

Влажность грунта на каждый момент измерений:

$$w = \frac{g_i - g}{g}$$

Где  $g_i$  – масса образца грунта на момент измерения, г;  $g$  – масса сухого грунта, г;

Относительная усадка по высоте ( $\varepsilon_{shh}$ ), диаметру ( $\varepsilon_{shd}$ ) и объему ( $\varepsilon_{shV}$ );

$$\varepsilon_{shh} = \frac{h - h_k}{h}; \varepsilon_{shd} = \frac{d - d_k}{d}; \varepsilon_{shV} = \frac{V - V_k}{V}$$

Где  $h, d, V, h_k, d_k, V_k$  – соответственно начальные и конечные значения высоты, диаметра, см и объема образца грунта, см<sup>3</sup>.

Результаты испытания сведены в таблицу таблицу 3.1.2.29

Таблица 2.4.29

№	Объем образца, V, см <sup>3</sup>	Влажность образца, %	Относительная усадка образца		
			По высоте $\delta_h$	По диаметру $\delta_d$	По объему $\delta_V$
I этап					
1 <sub>I</sub>	45,30	1,59	0,50	0,20	0,68
2 <sub>I</sub>	54,66	1,84	0,54	0,24	0,73
3 <sub>I</sub>	42,10	1,61	0,53	0,32	0,78
4 <sub>I</sub>	40,99	1,78	0,47	0,34	0,77
1 <sub>II</sub>	42,34	1,55	0,47	0,20	0,65

2 <sub>II</sub>	54,40	1,79	0,53	0,24	0,73
3 <sub>II</sub>	41,85	2,35	0,53	0,32	0,78
4 <sub>II</sub>	40,44	2,40	0,46	0,34	0,76
2 этап					
4 <sub>IV</sub>	26,45	1,54	0,28	0,29	0,64
1 <sub>V</sub>	24,63	1,00	0,26	0,11	0,41
2 <sub>V</sub>	27,49	1,09	0,27	0,15	0,47
3 <sub>V</sub>	20,50	1,27	0,22	0,25	0,56
4 <sub>V</sub>	21,82	1,40	0,23	0,25	0,56
3 Этап					
1 <sub>I</sub>	14,62	0,00	0,00	0,00	0,00
2 <sub>I</sub>	14,59	0,00	0,00	0,00	0,00
3 <sub>I</sub>	9,07	0,00	0,00	0,00	0,00
4 <sub>I</sub>	9,55	0,00	0,00	0,00	0,00

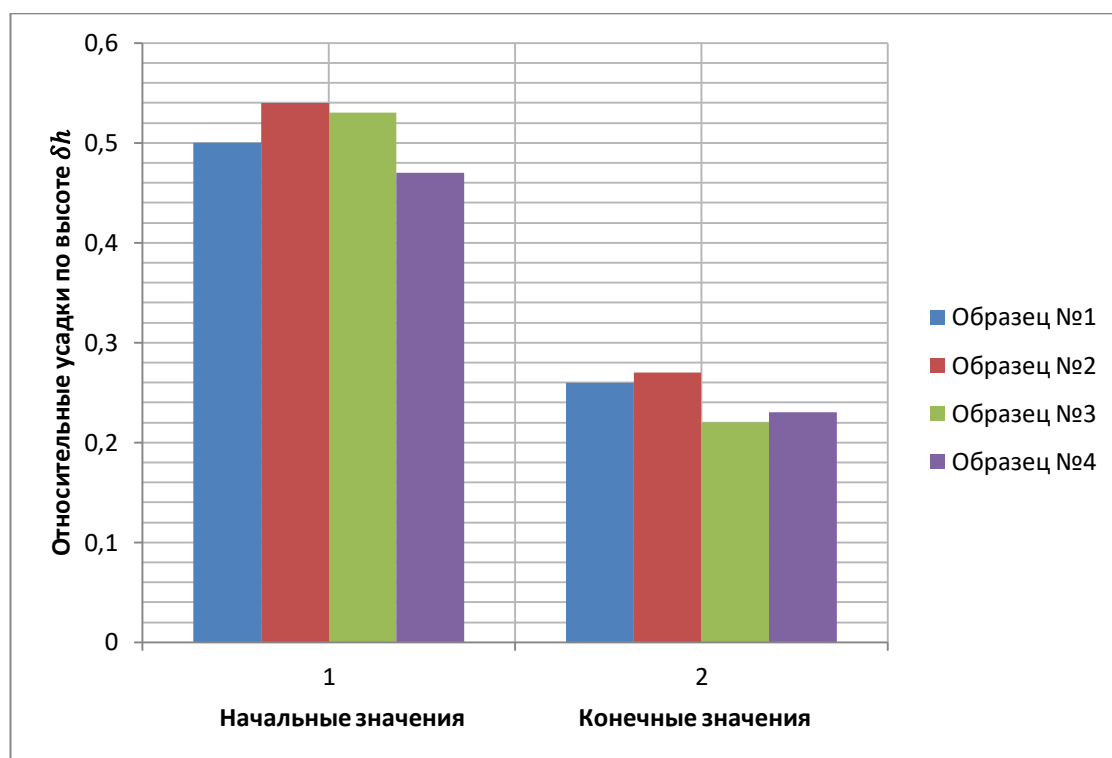


Рисунок 2.4.36 – Относительная усадки по высоте  $\delta h$

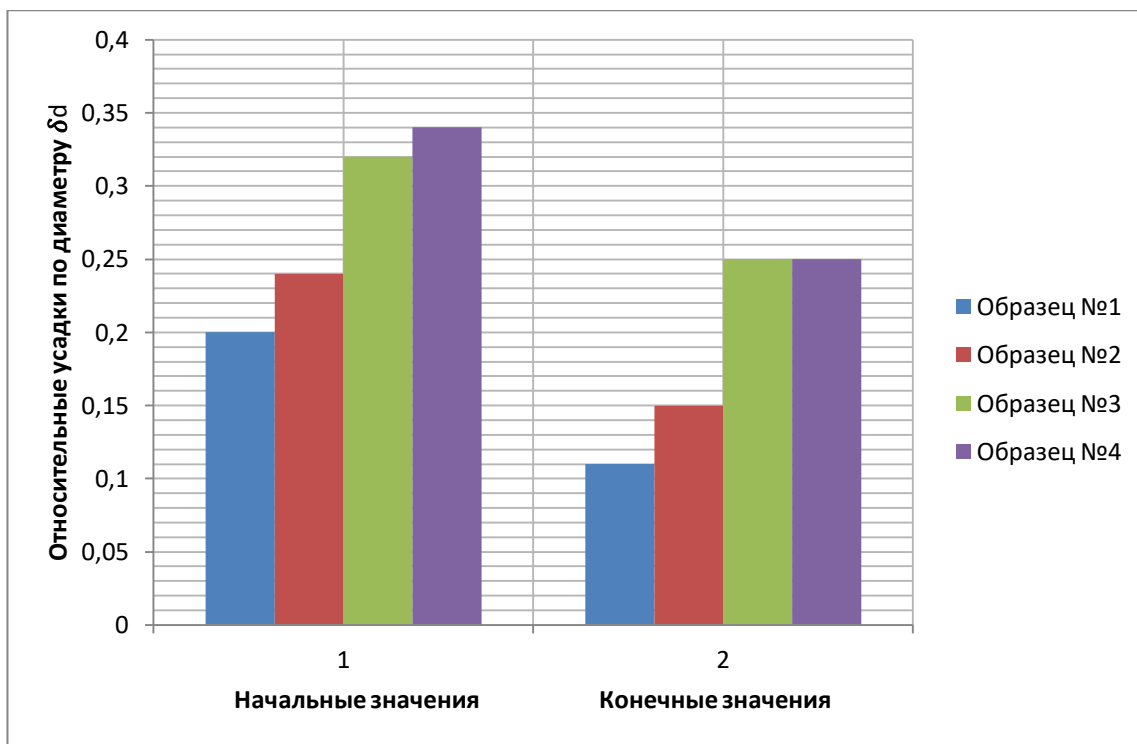


Рисунок 2.4.37 – Относительная усадки по диаметру  $\delta_d$

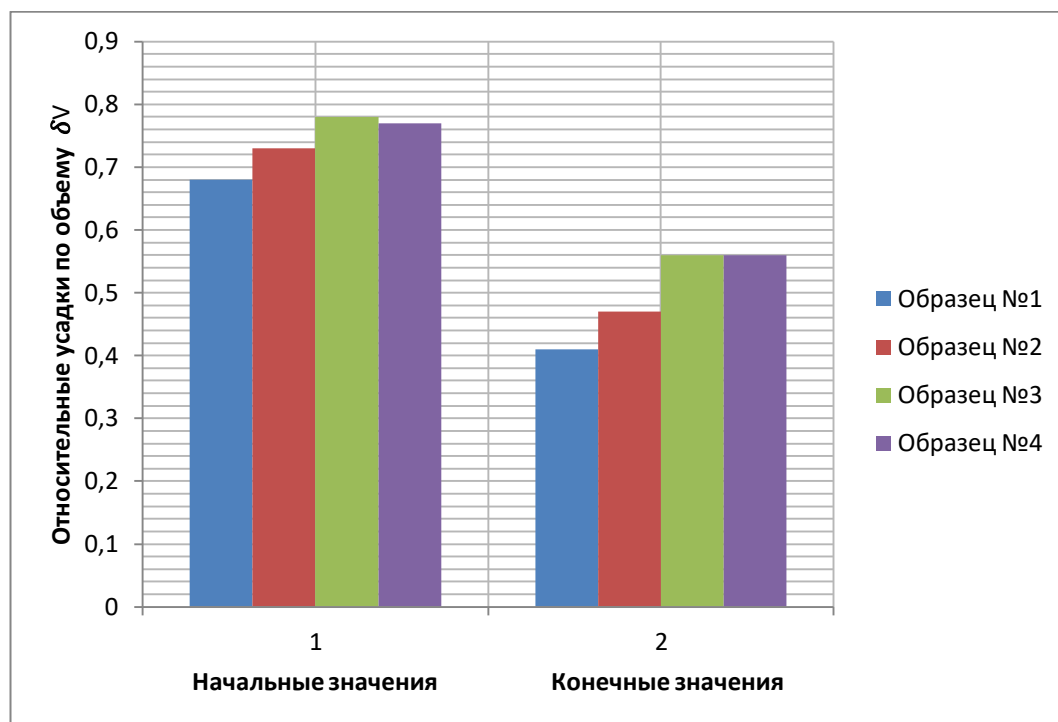


Рисунок 2.4.38 – Относительная усадки по объему  $\delta_v$

Вывод: испытания проводились для определения показателей, характеризующих изменение объема глинистых грунтов при высыхании (усадка), были определены следующие характеристики усадки: усадка по высоте  $\Delta\delta_h$ , диаметру  $\Delta\delta_d$  и объему  $\Delta\delta_v$ ,

Расчетные значения приведены в таблице 2.4.30

Таблица 2.4.30

№ Образца	$\Delta\delta_h$	$\Delta\delta_d$	$\Delta\delta_v$
1	0,24	0,09	0,27
2	0,27	0,09	0,26
3	0,31	0,07	0,22
4	0,24	0,09	0,21

### Вывод

В ходе проведенных лабораторных исследований было выявлено, что отобранные на объектах грунты по классификации определены как суглинки (LШel) и глины твердые и полутвердые, согласно ГОСТ 25100-2020. Образцы под номерами 1,2,6,7,9,10 относятся к слабонабухающим грунтам, а образцы 3,4,5,8 к сильнонабухающим. Такие значения относительного набухания получены из-за отбора проб в летний период времени при минимальной влажности.

Для того чтобы раскрыть весь диапазон возможных изменений характеристик набухания и изменения механических показателей для набухающих грунтов был поставлен эксперимент для 4 проб с разной влажностью.

Для порошковой глины были определены следующие показатели: влажность составила 132,47%; влажность на границе раскатывания – 30,11%; влажность на границе раскатывания – 127,28%; гранулометрический состав – глинистая фракция 76,6%; плотность частиц – 2,47.

Для объемной пробы был определен индекс свободного набухания (FSI=5,06) который показал, что грунты относятся к сильнонабухающим.

В ходе эксперимента для 4 проб с разными значениями влажности в интервалах от 200 до 500 мл была определена влажность (образец №1 – 40%; образец №2 – 79%; образец №3 – 107%; образец №4 – 133%), плотность (образец №1 – 1,73; образец №2 – 1,51; образец №3 – 1,42; образец №4 – 1,39 г/см<sup>3</sup>). Согласно ГОСТ 25100-2020: образец №1 – глина полутвердая; образец

№2 – глина мягкопластичная; образец №3 – глина текучепластичная; образец №4 – глина текучая.

Тест на свободное набухание показал, что все пробы относятся к сильнонабухающим грунтам (образец №1 = 0,382; образец №2 = 0,248; образец №3 = 0,231; образец №4 = 0,152)

Для образца №1 и №2 были определены давления набухания (образец №1=0,110; образец №2 =0,029), которые сопоставимы с нагрузками от сооружений, что может привести к их значительным деформациям.

Компрессионные испытания и неконсолидированный быстрый срез показали, что грунты с ростом влажности и с ростом показаний набухания резко ухудшают свои свойства, значения для угла внутреннего трения (образец №1 = 2,93; образец №2 = 2,55; образец №3 = 2,01; образец №4 = 1,01), значения для удельного сцепления (образец №1 = 0,014; образец №2 = 0,007; образец №3 = 0,005; образец №4 = 0,005).

Таким образом, было доказано, что при изысканиях необходимо определять весь диапазон возможного набухания грунтов в зоне аэрации вариации, особенно, если они водонасыщенные, а так же применять FSI методику в качестве экспресс теста.

Несмотря на то, что СП 446.1325800.2019 «инженерно-геологические изыскания для строительства общие правила производства работ» обязывает для всех грунтов определять показания набухания, эти показатели определяются очень редко и к сожалению в естественном состоянии или в состоянии водонасыщения, если это отмечено в техническом задании.

# СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

## Введение

Выпускная квалификационная работа направлена на сравнительную оценку современных методик исследования набухания грунтов на примере строительных площадок г. Кемерово. Город Кемерово является административным центром Кемеровской области, расположен по двум берегам реки Томи на юго-востоке Западной Сибири. На западе город граничит с Новосибирской областью, на юге – с республикой Алтай, на юго-западе граничит с Алтайским краем, на севере с Томской областью, на северо-востоке – с Красноярским краем и на востоке граничит с Хакасией.

Набухающие грунты относятся к специфическим грунтам, которые могут создавать ряд проблем для инженеров-строителей. Под набуханием понимается способность дисперсных грунтов увеличивать объем в процессе взаимодействия с водой и растворами. К набухающим грунтам, в соответствии с ГОСТ 25100-2020 [24], следует относить глинистые грунты, которые при замачивании водой или другой жидкостью увеличиваются в объеме и имеют относительную деформацию набухания без нагрузки  $\epsilon_{sw} \geq 0,04$ .

Задачей лабораторных исследований и камеральной обработки данных инженерных изысканий заключается в изучении инженерно-геологических условий территории размещения строительных объектов, описание физико-механических свойств грунтов, а так же выявление грунтов обладающих специфическими свойствами (набухающие грунты).

Целью исследования является получение данных, необходимых для оценки природно-техногенных условий территории строительства, а так же разработки проекта территории размещения строительного объекта, для обоснования компоновки сооружений, транспортных линий и мероприятий по охране окружающей среды.

### 3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Работа в лаборатории грунтоведения относится ко второй категории тяжести труда [29]. Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю.

Лабораторные исследования грунтов ведутся в специально оборудованных лабораториях. Лабораторно-аналитические исследования включают в себя определение физических, механических и химических свойств грунта. После анализа данные обрабатываются при помощи ПЭВМ.

На работу в лабораторию принимаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование для решения вопроса о возможности работы в лаборатории. Вновь поступающие на работу допускаются к исполнению своих обязанностей только после прохождения вводного инструктажа о соблюдении мер безопасности, инструктажа на рабочем месте и после собеседования по вопросам техники безопасности.

Прохождение инструктажа обязательно для всех принимаемых на работу. Периодический инструктаж должен проводиться на рабочем месте дважды в год. При переводе сотрудника на новые виды работ, незнакомые операции, перед работой с новыми веществами, а также в случае нарушения работником правил техники безопасности проводится внеплановый инструктаж.

Проведение всех видов инструктажа регистрируется в журнале.

Все работающие в лаборатории должны быть обеспечены необходимыми средствами индивидуальной защиты [29].

Камеральные работы ведутся в производственных помещениях. Камеральные работы включают в себя процесс обработки числовой и графической информации при помощи ПЭВМ. Эти работы характеризуются высоким напряжением умственного труда и значительной нагрузкой на органы зрения с низкой двигательной активностью.

Основным объектом в производственных условиях является рабочее место. При организации рабочих мест учитывают то, что конструкция рабочего места, его размеры и взаимное расположение его элементов должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психофизиологическим данным человека, а также характеру. При выборе положения работающего учитывают: физическую тяжесть работ; размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего в процессе выполнения работ; технологические особенности процесса выполнения работ; статические нагрузки рабочей позы; время пребывания. Рабочее место при выполнении лабораторных испытаний организовывается в соответствии с ГОСТ 12.2.033- 78 [30]. Рабочее место при выполнении камеральных работ организовывается в соответствии с ГОСТ 12.2.032- 78 [31].

Рабочее место для выполнения работ стоя организуют при физической работе средней тяжести и тяжелой, а также при технологически обусловленной величине рабочей зоны, превышающей ее параметры при работе сидя. Конструкция, взаимное расположение элементов рабочего места (органы управления, средства отображения информации и т. д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы. Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

### **3.2 Производственная безопасность**

Испытания грунта проводят различными методиками в лаборатории. Обработка результатов испытания проводят на компьютере в камеральных условиях. В ходе работы человек может подвергаться различным опасным воздействиям, под которыми обычно понимают явления, процессы, объекты способные в определенных условиях наносить ущерб здоровью человека



непосредственно или косвенно. Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [32] перечень опасных и вредных факторов представлен в виде таблицы 3.2.1.

Таблица 3.2.1

Опасные и вредные производственные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Лабораторный этап	Камеральный этап	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [36] СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [34]
Превышение уровня шума	+	-	ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности [35]
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [21]
Превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений	-	+	ГОСТ 12.1.006-84 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот [37]
Электрический ток	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [38] ПЭУ Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Седьмое издание [39] ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [40]
Пожароопасность	+	+	НПБ 105-03 Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [42] ГОСТ 12.1.004-91 Межгосударственный

			стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность [43] ГОСТ 12.4.009-83 Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов [44]
--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 3.2.1 Отклонение показателей микроклимата

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 [36], микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и температуры окружающих поверхностей.

Микроклиматические параметры оказывают значительное влияние как на функциональную деятельность человека – его самочувствие и здоровье, так и на надежность работы ЭВМ. Поэтому в помещении, где установлены компьютеры, должны соблюдаться параметры микроклимата [36].

Для поддержания соответствующих микроклиматических параметров должны использоваться системы отопления и вентиляции, а также кондиционирование воздуха.

Таблица 3.2.1.1

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений [36]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1

Мероприятия по поддержанию требуемого микроклимата включают в себя: осуществление терморегуляции в помещении с целью поддержания оптимальной температуры; установку вентиляционного оборудования для поддержания нормального воздухообмена; проветривание помещения во время перерывов; регулярную влажную уборку помещения.

Искусственная вентиляция достигается за счет работы вентиляции или эжекторов. Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. Для подачи в помещения свежего воздуха рекомендуется использовать приточную вентиляцию

Нормы подачи свежего воздуха в помещение, где расположены компьютеры, регламентированы СП 60.13330.2012 [34].

### 3.2.2 Превышение уровня шума

В ходе лабораторных испытаний шум создается от оборудования НПП «Геотек» таких как: установка динамическая ГТ 1.3.4 и установка малоамплитудных динамических испытаний дисперсных грунтов методом резонансной колонки ГТ 1.3.3.

Шум ухудшает условия труда, оказывает изменения в органах слуха, повышает утомляемость. Предельно допустимые значения регламентированы в ГОСТ 12.1.003-83 [35].

Таблица 3.2.2.1

Предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, уровни звука эквивалентные и максимальные [35]

Назначение помещений или территорий	Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука (эквивалентный уровень звука), дБА	Максимальный уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1 Рабочие помещения административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещения для измерительных и аналитических работ	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60	75

Мероприятия по борьбе с шумом в данном случае будут средства индивидуальной защиты от шума. При выборе таких средств, следует учитывать не только технические данные, указанные изготовителем, но и коэффициент снижения эффективности защиты средств в процессе их эксплуатации. Поскольку ношение средств индивидуальной защиты от шума увеличивает риск воздействия других неблагоприятных факторов (психологический дискомфорт, ухудшение восприятия информативных сигналов опасности и пр.), выбор вида и эффективности средств индивидуальной защиты от шума должен представлять собой компромисс в отношении данного риска и риска развития у работника профессиональной тугоухости.

### **3.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Производственное освещение - неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Производительность труда находится в прямой зависимости от рациональности освещения и повышается на 10-12%.

Различают следующие виды производственного освещения:

- естественное
- искусственное
- совмещенное

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и приводится в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». [35].

Требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению рабочих мест на промышленных предприятиях приведены в таблице 3.2.3.1 и таблице 3.2.3.2 [35].

Таблица 3.2.3.1

Допустимые уровни яркости рабочих поверхностей [35]

Площадь рабочей поверхности, м	Наибольшая допустимая яркость, кд/м
менее 0,0001	2000
от 0,0001 до 0,001	1500
от 0,001 до 0,01	1000
от 0,01 до 0,1	750
более 0,1	500

Таблица 3.2.3.2

Требования к освещению рабочих мест в помещениях общественных зданий, а также сопутствующих им производственных помещениях [35]

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г-горизонтальная, В-вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО, %		КЕО, %		При комбинированном освещении		При общем освещении
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	Всего	От общего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	Г-0,8	3,0	1,0	1,8	0,6	400	200	300
Аналитические лаборатории	Г-0,8	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500

В качестве источников искусственного освещения обычно используют

люминесцентные лампы типа ЛБ или ДРЛ, которые попарно объединяются в светильники. Допускается применение металло-галогенных ламп мощностью до 250 Вт, а также ламп накаливания в светильниках местного освещения.

Яркость светящихся поверхностей, находящихся в поле зрения не должна превышать 200нт/м<sup>2</sup>.

Недостаточную освещенность устраняют при помощи дополнительных источников освещения.

### **Расчет искусственного освещения для кабинета камеральной обработки данных**

Дано:

Помещение длиной  $A=7$  м, шириной  $B=7$  м, высотой  $H=4$  м;

Необходимая освещенность  $E_n = 300$  лк;

Уровень рабочей поверхности над полом составляет  $h_{рп} = 0,8$  м.

Световой поток ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot \eta}, \text{ лм}$$

где,

$E_n$  – нормируемая минимальная освещённость, лк;

$S$  – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий старение ламп и загрязнение светильников, при малом выделении пыли,  $K_3 = 1,5$ ;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения или минимальной освещенности,  $Z=1,1$ ;

$n$  – число ламп в помещении;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока, %.

Стены в помещении бетонные с окнами, значит коэффициент отражения поверхности стен ( $\rho_{ст}$ ) будет равен 30%.

Поверхность потолка побеленная, поэтому коэффициент отражения поверхности потолка ( $\rho_{\text{п}}$ ) будет равна 50%.

Выбираем люминесцентный светильник без защитной решётки типа ОД-2-30 длиной  $l_{\text{св}}=0,933$  м,  $h_{\text{св}}=0,156$  м,  $\lambda=1,4$ .

Высота светильника над рабочей поверхностью:

$$h = H - h_{\text{св}} - h_{\text{рп}} = 4 - 0,156 - 0,8 = 3,044 \text{ м}$$

Расстояние между светильниками:

$$L = 1,4 \cdot 3,044 = 4,262 \text{ м}$$

Расстояние от крайнего ряда светильников до стены:

$$\frac{L}{3} = 1,5 \text{ м}$$

Определяем количество рядов светильников и количество светильников в ряду:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{B - \frac{2}{3} \cdot L}{L} + 1 = \frac{7 - \frac{2}{3} \cdot 4,262}{4,262} + 1 = 3$$

$$n_{\text{св}} = \frac{A - \frac{2}{3} \cdot L}{l_{\text{св}} + 0,5} = \frac{7 - \frac{2}{3} \cdot 4,262}{0,933 + 0,5} = 3$$

Размещаем светильники в 3 ряда. В каждом ряду можно установить 3 светильника типа ОД-2-30 мощностью 30 Вт, расстояние между светильниками в ряду составят 0,5 м. В каждом светильнике установлено по 2 лампы, значит, общее число ламп в помещении будет  $n=18$  шт.

Индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{7 \cdot 7}{3,044 \cdot (7 + 7)} = 1,15$$

Учитывая  $\rho_{\text{с}}$ ,  $\rho_{\text{п}}$ ,  $i$  определяем по таблице значение коэффициента использования светового потока с использованием линейной интерполяции, который получился  $\eta=48\%$ .

Потребный световой поток ламп:

$$\Phi = \frac{300 \cdot (7 \cdot 7) \cdot 1,5 \cdot 1,1}{18 \cdot 0,48} = 2807,3 \text{ лм}$$

Выбираем ближайшую стандартную люминесцентную лампу ЛБ-40 с световым потоком 2800 лм.

Проверяем выполнение условия:

$$-10\% \leq \left[ \frac{\Phi_{\text{л.станд.}} - \Phi_{\text{л.расч.}}}{\Phi_{\text{л.станд.}}} \right] \cdot 100\% \leq +20\%$$

$$-10\% \leq \left[ \frac{2800 - 2807,3}{2800} \right] \cdot 100\% \leq +20\%$$

$$-10\% \leq -0,26\% \leq +20\%$$

Световой поток люминесцентной лампы ЛБ-40 не выходит за пределы допустимых границ ( $-10\% \leq +20\%$ ), необходимости в корректировке типа светильников и количества ламп отсутствует.

Электрическая мощность осветительной установки:

$$P = 18 \cdot 40 = 720 \text{ Вт}$$

### 3.2.4 Превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений

Персональные ЭВМ являются источниками широкополосных электромагнитных излучений: мягкого рентгеновского, ультрафиолетового, ближнего инфракрасного, радиочастотного диапазона, сверх- и инфранизкочастотного, электростатических полей. Электромагнитные излучения, воздействуя на организм человека в дозах, превышающих допустимые, могут явиться причиной многих серьезных заболеваний.

Уровни допустимого облучения определены в ГОСТ 12.1.006-84 [37]. Нормативными параметрами в диапазоне частот 60 кГц – 300 мГц являются напряженности  $E$  и  $H$  электромагнитного поля. В диапазоне низких частот интенсивность излучения не должна превышать 10 В/м по электрической составляющей, а по стандартам MPR II не должна превышать 2,5 В/м по электрической и 0,5 А/м по магнитной составляющей напряженности поля.



Электромагнитное поле создается магнитными катушками отклоняющей системы, находящимися около цокольной части электронно-лучевой трубки монитора. Электромагнитное поле обладает способностью биологического, специфического и теплового воздействия на организм человека.

Ионизирующее излучение – излучение с высокой энергией, вызывающее ионизацию воздуха. Создается от высоковольтных элементов схемы дисплея и электронно-лучевой трубки.

Среди наиболее безопасных мониторов, выделяются те, что с

Установлено, что максимальная напряженность электрической составляющей ЭМП достигается на коже дисплея. В целях снижения напряженности желательно удалять пыль с поверхности монитора сухой хлопчатобумажной тканью и использовать мониторы с маркировкой Low Radiation, с жидкокристаллическими экранами или с установленной защитой по методу замкнутого круга.

Так же желательно соблюдать несколько рекомендаций при работе на ПЭВМ:

- рабочее место располагать так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева
- окна в помещении оборудовать жалюзи или занавесками
- монитор должен находиться от работника на 60-70 см и 20° ниже уровня глаз
- работать не более 6 часов, с перерывом 5-10 минут через каждый час
- пользоваться средствами индивидуальной защиты

### **3.2.5 Электрический ток**

При выполнении работ лабораторного и камерального этапов опасность электрическим током исходит от неисправной электропроводки, выключателей,

розеток, вилок, рубильников, переносимых ламп, любых неисправных электроприборов, ПЭВМ.

При гигиеническом нормировании ГОСТ 12.1.038-82 [38] устанавливает предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц. Наиболее опасен переменный ток с частотой 50 Гц (в 4-5 раз опаснее постоянного).

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от скорости прохождения тока через тело человека: при длительности действия более 10 секунд-2 мА, при 10 секунд и менее-6 мА [38].

В зависимости от условий, повышающих или понижающих опасность поражения электрическим током, все помещения делят на: помещения с повышенной опасностью, особо опасные и помещения без повышенной опасности.

Помещения лаборатории и камеральной обработки материалов относятся к помещениям без повышенной опасности поражения людей электрическим током, согласно ПЭУ [39], так как они характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность, а именно.

- влажность воздуха не превышает 75%;
- отсутствие токопроводящей пыли
- отсутствие токопроводящих полов;
- относительно не высокая температура воздуха (ниже плюс 35°C).

Общие требования по электробезопасности отражены в ГОСТ 12.1.019-2017 [40] и ГОСТ 12.1.038-82 [38].

При работе на ПЭВМ все узлы одного компьютера и подключенное к нему периферийное оборудование должно питаться от одной фазы электросети

- для отключения компьютерного оборудования должен использоваться отдельный щит с автоматами защиты и общими рубильниками;
- все соединения ЭВМ и внешнего оборудования должны проводиться при отключенном электропитании.

К основным мероприятиям, направленным на ликвидацию причин травматизма относятся:

- систематический контроль состояния изоляции электропроводов и кабелей;
- разработка инструкций по техническому обслуживанию и эксплуатации средств вычислительной техники, и контроль за их соблюдением;
- соблюдение правил противопожарной безопасности;
- своевременное и качественное выполнение работ по проведению планово-профилактических испытаний и предупредительных ремонтов.
- 

### **3.2.6 Пожароопасность**

При проведении лабораторных и камеральных работ необходимо соблюдать технику противопожарной безопасности, регламентируемую на предприятии. Запрещается загромождать предметами и оборудованием проходы, коридоры, выходы и лестницы. Все двери эвакуационных выходов должны свободно открываться в направлении выхода из зданий. Основными системами противопожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарная защита.

Согласно НПБ 105-03 [42] камеральные помещения и лаборатории относятся к категории помещений по пожарной и взрывной опасности В1-В4, так как присутствуют твердые горючие материалы (деревянная мебель).

Все работники проходят специальную противопожарную подготовку. Ответственные за пожарную безопасность обязаны не допускать к работе лиц не прошедших инструктаж по соблюдению требований пожарной безопасности. Обучать персонал правилам пожарной безопасности и разъяснять порядок действий в случае загорания или пожара, контролировать соблюдение рабочими противопожарного режима, обеспечивать исправное содержание и постоянную готовность к действию средств огнетушения, применять меры по ликвидации возникающих пожаров.

Для быстрой ликвидации возможного пожара при производстве работ располагается стенд с противопожарным оборудованием, содержание которого должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.004-91 [43] и ГОСТ 12.4.009-83 [44]. Данные о противопожарном оборудовании приведены в таблице 3.2.6.1.

Таблица 3.2.6.1

#### Противопожарное оборудование на предприятии

Оборудование	Количество, шт.
Огнетушитель марки ОУ-5	1
Ведро пожарное	1
Багор	1
Топор	1
Лом	1
Ящик с песком, 0,2 м <sup>3</sup>	1

Пожарный щит необходим для неотложных мер по тушению возможного возгорания до приезда пожарной бригады (звонить 01 или с сотового 010). Инструменты должны находиться в исправном состоянии и обеспечивать в случае необходимости возможность либо полной ликвидации огня, либо локализации возгорания.

За нарушение правил, рабочие несут ответственность, относящуюся к выполняемой ими работе или специальных инструкций в порядке, установленном правилами внутреннего трудового распорядка.

### 3.3 Экологическая безопасность (охрана окружающей среды)

Объект исследования (набухающие грунты) сам по себе не наносит вред окружающей среде. Основное влияние происходит в процессе изъятия проб грунта вследствие инженерно-геологических работ.

Инженерно-геологические изыскания согласно ГОСТ Р 54906-2012 [45] наносят вред окружающей среде. Вредное воздействие и природоохранные мероприятия при них приведены в таблице 3.3.1.

Таблица 3.3.1

#### Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия

Компоненты окружающей среды	Вредное воздействие	Природоохранные мероприятия
Литосфера	Уничтожение и повреждение грунтового слоя	Рекультивация земель
	Загрязнение ГСМ	Сооружение поддонов, отсыпка площадок для стоянки техники, захоронение остатков
	Загрязнение производственными отходами	Вывоз и захоронение отходов (свалки и отвалы)
	Нарушение состояния геологической среды	Инженерно-геологические наблюдения в скважинах, тампонаж, геомониторинг
Гидросфера	Загрязнение подземных вод при смешивании различных водоносных горизонтов	Ликвидационный тампонаж скважин
	Загрязнение производственными сточными водами и мусором, нефтепродуктами, буровым раствором	Сооружение водоотводов, складирование или вывоз мусора, обезвреживание сточных вод
Атмосфера	Выбросы пыли	Применение обеспыливающих устройств

#### 3.3.1 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

При проведении инженерно-геологических работ необходимо выполнение следующих правил и мероприятий по охране природы:

- не допускается нарушение мест обитания животных, рыб и других представителей животного мира;

- обязательна ликвидация возможных вредных последствий от воздействия на природу;
- не допускается загрязнение водоёмов и участка проведения работ;
- для предотвращения пожаров необходимо строго соблюдать правила пожарной безопасности;
- оборудование скважин оголовками с запирающимися крышками;
- установка маслосборников для быстрого удаления ГСМ;
- ликвидация скважин методом послойной засыпки ствола извлеченным грунтом с послойной трамбовкой.

Все горные выработки после окончания работ должны быть ликвидированы: скважины - тампонажем глиной или цементно-песчаным раствором с целью исключения загрязнения природной среды и активизации геологических и инженерно-геологических процессов.

После завершения бурения необходимо проводить рекультивацию земли, занятой под буровую установку, в которую входит снятие плодородного слоя почвы и перемещение его в сторону, засыпка всех отстойников и ям, ликвидация загрязнений почвы горюче-смазочными и другими вредными материалами, нанесение ранее снятого слоя почвы.

### **3.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации (ЧС) – обстановки на определенной территории, сложившиеся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Объект исследования (набухающие грунты) сам по себе не может вызвать ЧС. Основное влияние происходит в процессе исследования – на этапе изучения и получения данных.

### **3.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований**

Чрезвычайные ситуации могут быть классифицированы по значительному числу признаков. Так, по происхождению ЧС можно подразделить на ситуации техногенного, антропогенного и природного характера. ЧС можно классифицировать по типам и видам событий, лежащих в основе этих ситуаций, по масштабу распространения, по сложности обстановки тяжести последствий.

Чрезвычайные ситуации могут возникнуть в результате стихийных бедствий, а также при нарушении различных мер безопасности. На случай стихийных бедствий и аварий предусматривается план по ликвидации их последствий. На рабочем месте можно выделить следующие возможные ЧС:

- землетрясение
- пожар в здании

Причинами возникновения пожаров в лабораторных условиях являются:

- неосторожное обращение с огнем (бросание горящей спички, высыпание вблизи сгораемых строений и материалов, не затушенных углей, шлака золы);
- неисправность и неправильная эксплуатация электрооборудования;
- неисправность и перегрев отопительных стационарных и временных печей, разряды статического и атмосферного электричества, чаще всего происходящие при отсутствии заземлений и молниеотводов;

- неисправность производственного оборудования и нарушение технологического процесса.

Помещение лаборатории и камеральное помещение по пожароопасности относятся к категории В1-В4 (производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов) согласно НПБ 105-03 [42].

### **3.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

При землетрясении необходимо выключить электроприборы и покинуть здание согласно плану эвакуации в безопасное место (за радиус высоты зданий и сооружений), при невозможности покинуть здание следует перейти в наиболее устойчивые места здания (в дверные проемы) либо в места способных защитить от обрушения выше находящихся конструкций (под столы, несущие конструкции).

При пожаре в здании необходимо:

- включить пожарную сигнализацию для оповещения о происшедшем возгорании сотрудников, после чего охрана сообщает о включении пожарной сигнализации в пожарную охрану далее генеральному директору;
- по возможности ликвидировать очаг возгорания и имеющимися средствами пожаротушения;
- по возможности локализовать очаг возгорания: закрыть доступ кислорода (закрыть окна, двери)
- обесточить здание

Для эвакуации людей, застигнутых пожаром, выбирают наиболее безопасные пути - лестничные клетки, двери, проходы.

Для устранения возможности пожара в помещении необходимо соблюдать противопожарные меры:



- ограничение количества горючих веществ;
- максимально возможное применение негорючих веществ;
- устранение возможных источников возгорания

(электрических искр, нагрева оболочек оборудования);

- применение средств пожаротушения;
- использование пожарной сигнализации;
- содержание электрооборудования в исправном состоянии,

после окончания работ все установки должны обесточиваться;

○ плавких предохранителей и автоматических выключателей в аппаратуре, наличие в помещении средств пожаротушения

(огнетушители типа ОУ-3, пожарный инструмент, песок) и содержание их в исправном состоянии;

- разрешение курения в только отведенных для этого местах;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в

свободном состоянии;

- проводить раз в год инструктаж по пожарной безопасности;
- назначать ответственного за пожарную безопасность.

Территория организации постоянно должна содержаться в чистоте и систематически очищаться от отходов производства. Запрещается загромождать предметами и оборудованием проходы, коридоры, выходы и лестницы. Все двери эвакуационных выходов должны свободно открываться в направлении выходов из зданий.

При несчастном случае необходимо:

- оказать пострадавшему первую медицинскую помощь;
- организовать его доставку в больницу (травмпункт);
- сообщить непосредственному начальству о происшедшем.

Рабочий персонал должен быть подготовлен к оказанию первой медицинской помощи и иметь все необходимое для ее оказания, согласно принятой на фирме инструкции по безопасности, чтобы избежать замешательства и трагических последствий.

## **Вывод**

Сам по себе объект исследования (набухающие грунты) не оказывает прямого влияния на здоровье человека и загрязнение экологии. Но исходные данные для проведения расчетов являются результатом полевых и лабораторных работ. Полевые работы оказывают прямое влияние на литосферу, экологию в целом и здоровье человека. Лабораторные и камеральные работы по большей части оказывают влияние на здоровье работника. В результате работы над разделом изучен обширный массив регламентирующей документации в части охраны труда, экологии и ЧС. По результату составлено обоснование мероприятий по защите здоровья, экологии и предотвращению ЧС при выполнении комплекса работ по набухающим грунтам.

## **ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

В настоящее время наблюдается постоянный рост объемов строительных работ, что в свою очередь, отражается на увеличении объемов инженерных изысканий. Существует нормативная база, устанавливающая обязательные к выполнению требования. При выполнении изысканий на территории, подверженной процессам набухания грунтов (увеличение в объеме), обязательным условием является проведение расчета относительной деформации грунта.

Цель работы – определение особенностей процессов набухания грунтов.

Результат - параметры набухания грунтов на участке города Кемерово в Кемеровской области.

Область применения лежит в сфере камерального этапа инженерно-геологических изысканий.

Целевая аудитория результата научно-технического исследования представлена юридическими лицами Сибирского федерального округа, ведущими свою деятельность в проектно-изыскательской сфере деятельности (таблица 4.1).

Таблица 4.1

### Потребители

Параметры	Краткое описание
Организационно-правовая форма	Юридические лица
Географическое местоположение	Сибирский федеральный округ
Отрасль экономики	Строительная промышленность
Вид деятельности	Архитектурно-строительное проектирование; инженерные изыскания

Реальные пользователи разрабатываемого решения представлены инженерами-геологами, выполняющими камеральную обработку и составление отчета по инженерно-геологическим изысканиям(таблица 4.2).

Таблица 4.2

Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Инженеры-геологи изыскательских организаций	Ознакомление с методиками расчета набухающих грунтов
Строительная организация	Своевременное получение параметров набухания для принятия проектных решений на предпроектной стадии

Объект ВКР (набухающие грунты) относится к камеральному этапу инженерно-геологических изысканий. В то же время исходные данные для проведения расчетов являются результатом полевых и лабораторных работ. В связи с этим было принято решение расширить границы раздела и включить в него полевой и лабораторный этапы.

Цели и результат проекта в области ресурсоэффективности представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Цели и результат проекта в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Цели проекта:	Сократить сроки выполнения проектных работ. Повысить экономическую целесообразность расчетов.
Ожидаемые результаты проекта:	Экономия временных затрат при выполнении проектных работ. Повышение рентабельности проектно-изыскательских работ.
Критерии приемки	Соответствие результатов целям проекта.

результата проекта:	
Требования к результату проекта:	Требование:
	Сокращение сроков выполнения проектных работ на 10%
	Повышение рентабельности проектно-изыскательских работ на 5 %

#### 4.1 Предпроектный анализ

Сегментирование рынка – разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Сегментируем рынок по следующим критериям: вид заказчика (инженеры-изыскатели или проектная организация); вид услуги (комплексный продукт, инженерные изыскания, расчет относительной деформации).

Таким образом, целесообразно рассмотреть возможность разработки комплексного продукта, сочетающего инженерные изыскания и расчет относительной деформации, который, при соответствующем обосновании, должен быть интересен как строительным организациям, так и проектным.

#### 4.2 Анализ конкурентных технических решений с позицией ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В данном научном исследовании анализируется влияние геологических процессов на строительство.

В таблице 1 приведена оценка конкурентов, где  $\Phi$  – разрабатываемый проект, к1 – исследование, проведенное инженерами-изыскателями в научно-исследовательском институте, к2 – исследование, проведенное организацией, которая занимается строительством зданий и сооружений.

Таблица 4.2.1

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений  
(разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности труда пользователя	0,10	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Удобство в эксплуатации	0,10	5	3	3	0,5	0,3	0,3
Энергоэкономичность	0,11	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Надежность	0,19	4	5	5	1,2	1,4	1,4
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,11	5	4	3	0,65	0,54	0,53
Цена	0,14	5	4	4	0,75	0,60	0,50
Срок выполнения работ	0,12	5	4	4	0,55	0,52	0,52
Уровень проникновения на рынок	0,13	3	5	5	0,15	0,25	0,25
Итого:	1				4,7	4,51	4,40

Критерии оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Вес показателей в сумме должны составлять:

1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

Где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента

$V_i$ - вес показателя (в долях единицы)

$B_i$ - балл  $i$ -го показателя.

Основываясь на проведенном анализе конкурентов, можно сказать, что проект превосходит конкурентные исследования, что связано с ценой, удобством в эксплуатации, энергоэкономичностью, конкурентоспособностью, а также скоростью выполнения работ.

### 4.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научноисследовательского проекта, применяется для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Перечислим сильные и слабые стороны проекта, возможности и угрозы. Результаты сведем в матрицу

Таблица 4.3.1

Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научноисследовательского проекта:	Слабые стороны научноисследовательского проекта:
	С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность	Сл1. Необходимость наработки клиентской базы
	С2. Более низкая стоимость по сравнению с конкурентными предложениями	Сл2. Снижение надежности за счет комплексности
	С3. Более сжатые сроки выполнения по сравнению с конкурентными предложениями	Сл3. Необходимость приобретения специального программного обеспечения для расчета относительной деформации
	С4. Комплексность	Сл4. Необходимость

	(клиенториентированность)	дополнительного обучения сотрудников
<i>Возможности:</i>		
В1. Появление спроса со стороны проектных и инженерно-изыскательских организаций		
В2. Сокращение сроков проектирования		
В3. Благоприятная ситуация на рынке (не занятость ниши)		
В4. Использование возможности по привлечению молодых специалистов		
<i>Угрозы:</i>		
У1. Введение дополнительных государственных требований к определенным видам деятельности (запрещение их совмещения)		
У2. Повышение стоимости специального программного обеспечения		
У3. Снижение стоимости в связи с усилением конкуренции в перспективе		
У4. Увеличение налоговой нагрузки и отчислений в фонды		

Выявим соответствие сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. В рамках данного этапа построим интерактивные матрицы проекта. Ее использование поможет разобраться с различными комбинациями взаимосвязей матрицы SWOT. Данные сведем в таблицу 4.3.2

#### Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	+	+	+
	В2	+	-	+	+
	В3	0	+	+	+
	В4	-	+	+	+

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	-	-	-	-
	В2	-	-	0	0
	В3	-	-	0	-
	В4	-	-	+	+



Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	0	0	0	0
	У2	-	-	-	+
	У3	-	+	0	0
	У4	0	0	0	0

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	-	+	+
	У2	-	0	+	+
	У3	-	-	-	-
	У4	0	0	0	0

По полученным результатам составим итоговую матрицу SWOT – анализа (таблица 4.3.2)

Таблица 4.3.2

### SWOT – анализ

	Сильные стороны научноисследовательского проекта:	Слабые стороны научноисследовательского проекта:
	С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность	Сл1. Необходимость наработки клиентской базы
	С2. Более низкая стоимость по сравнению с конкурентными предложениями	Сл2. Снижение надежности за счет комплексности
	С3. Более сжатые сроки выполнения по сравнению с конкурентными предложениями	Сл3. Необходимость приобретения специального программного обеспечения для расчета относительной деформации
	С4. Комплексность (клиенториентированность)	Сл4. Необходимость дополнительного обучения сотрудников
Возможности:	Высокий спрос за счет экономичности и энергоэффективности, а так же сложности исследования;	Дополнительные затраты в связи с приобретением и разработкой инновационных технологий; Введение дополнительных дисциплин, изменение учебного плана (увеличение стоимости обучения).
В1. Появление спроса со стороны проектных и инженерно-изыскательских организаций	Продвижение за счет быстрого выполнения;	
В2. Сокращение сроков проектирования	Увеличение кадров за счет новизны и инновации.	
В3. Благоприятная ситуация на рынке (не занятость ниши)		
В4. Использование возможности по привлечению молодых специалистов		
Угрозы:	Создание	Возникновение новых

У1. Введение дополнительных государственных требований к определенным видам деятельности (запрещение их совмещения)	конкурентоспособного проекта; Снижение стоимости работ, в связи с увеличением предложений на рынке и его краткой длительности выполнения работ.	государственных требований в связи с появлением инновационных методик; В связи с увеличением спроса техник и технологий, увеличение стоимости программных обеспечений.
У2. Повышение стоимости специального программного обеспечения		
У3. Снижение стоимости в связи с усилением конкуренции в перспективе		
У4. Увеличение налоговой нагрузки и отчислений в фонды		

#### 4.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого следует заполнить специальную форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таблица 4.4.1).

При проведении анализа по таблице, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

## Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	5
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	4
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	5
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>57</b>	<b>56</b>

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где:  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В итоге получилось, что разработка является в целом перспективной, и уровень имеющихся знаний у разработчика выше среднего значения.

#### **4.4.1 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Коммерциализация результатов научных исследований представляет собой процесс вовлечения их в экономический оборот в различных сегментах рынка. Для коммерциализации результатов, проведенного исследования будут использоваться следующие методы: инжиниринг и технологическая помощь.

Инжиниринг – это совокупность проектных и практических работ, относящихся к инженерно- технической области. Инжиниринг в данном случае будет предполагать предоставление на основе договора комплекс инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии.

Технологическая помощь – это технические услуги и помощь, которая будет включать передачу технологии или поставку оборудования.

Данные методы коммерциализации будут наиболее продуктивными в отношении данного проекта.

#### **4.5 Планирование управления научно-техническим проектом**

В рамках проекта предусматривается ряд последовательно выполняемых работ, каждая из которых завершается определенным результатом. Определим ключевые события проекта, даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты. Информацию сведем в таблицу 4.5.1

## Контрольные события проекта.

Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
Полевые работы (бурение инженерно-геологических скважин)	05.05.2020	Буровые журналы. Пробы грунта.
Лабораторные работы	04.06.2020	Ведомость физико-механических свойств грунта. Протоколы компрессионных испытаний.
Камеральные работы	11.06.2020	Инженерно-геологические разрезы. Параметры относительной деформации Графики свободного набухания


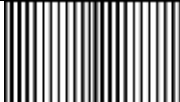

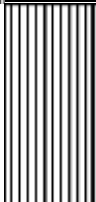
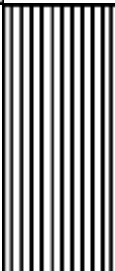

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный план (таблица 4.5.2) и календарный график (таблица 4.5.3)

Таблица 4.5.2


## Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Составление полевых работ	5	01.05.2020	05.05.2020	Главный геолог
Полевые работы (бурение скважин)	14	06.05.2020	20.05.2020	Инженер-геолог 2 категории; Буровой мастер; Машинист буровой установки; Помощник машиниста буровой установки;
Лабораторные работы	12	21.05.2020	02.06.2020	Лаборанты (2 сотрудника)
Камеральные работы (составление инженерно геологического разреза)	3	03.06.2020	05.06.2020	Инженер-геолог 2 категории
Камеральные работы (расчет относительной деформации и составление графиков свободного набухания)	3	06.06.2020	08.06.2020	Инженер-геолог 2 категории
Составление тех отчета	2	09.06.2020	11.06.2020	Главный геолог
Итого:	39	01.05.2020	11.06.2020	

## Календарный план график проекта

Наименование этапа	Т, дней	Продолжительность выполнения работ					
		май			июнь		
		1	2	3	1	2	3
Составление полевых работ	5						
Полевые работы (бурение скважин)	14						
Лабораторные работы	12						
Камеральные работы (составление инженерно геологического разреза)	3						
Камеральные работы (расчет относительной деформации и составление графиков свободного набухания)	3						
Составление тех отчета	2						

 - Главный геолог

 - Инженер геолог 2 категории

На основании данных графика можно сделать вывод, что продолжительность работ по получению исходных данных и проведению расчетов займет 4 декады (39 дней)

Длительность выполнения проекта в календарных днях равна:

– 7 дней (главный геолог);

– 32 дня (инженер-геолог 2 категории).

Наиболее трудоемким является этап полевых работ, т.к. он обладает наибольшей продолжительностью и на нем задействовано одновременно 4 работника.

## 4.6 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. Сгруппируем планируемые затраты по статьям таблица 4.6.1

Таблица 4.6.1

### Группировка затрат по статьям

Статья затрат	Сумма, руб
Сырье, материалы	4420,5
Специальное оборудование для выполнения работ, руб.	676350
Основная заработная плата, руб.	101100
Отчисления во внебюджетные фонды (30,2 %), руб.	9576,42
Прочие прямые расходы, руб.	44800
Накладные расходы (85 %), руб.	85935
Итого плановая себестоимость, руб.	922181,92

Таким образом, плановая себестоимость работ составит 307563,85 рублей, без учета налогообложения. Далее рассмотрим статьи затрат более подробно.

### 4.6.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

В данную статью включены затраты на приобретение всех видов материалов, необходимых для выполнения работ. Данные сведения сведены в таблицу 4.6.1.1.

Таблица 4.6.1.1

## Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед. руб.	Сумма, руб.
Краска для принтера	1	1500	1500
Бумага формата А4	1	300	300
Ручка шариковая	10	5	50
Карандаш	2	5	10
Марля 9х10м	2	150	30
Парафин	20	100	2000
Бутылки пластиковые	10	5	50
Всего за материалы			4210
Транспортно-заготовительные расходы (5%)			210,5
Итого по статье сырье и материалы			4420,5

## 4.7.2 Специальное оборудование для выполнения работ

В данную статью включаются все затраты, связанные с приобретением оборудования (устройств и механизмов), необходимого для проведения работ. Стоимость оборудования, используемого при выполнении работы и имеющегося в организации, учитывается в виде амортизационных отчислений. Сведения по данной статье представим в таблице 4.6.2.1.

Таблица 4.6.2.1

## Специальное оборудование для научных работ

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единиц оборудования, руб.	Общая стоимость , оборудования, руб.	Срок службы, лет	Ежедневные амортизационные отчисления, руб.	Количество рабочих дней	Сумма амортизационных отчислений, руб.
Микропенетрометр ПБ-1Ф	1	24000	24000	10	6,58	1	6,58
Компрессионный прибор для исследования грунтов Кпр-1М	3	103450	310350	10	85,03	12	1020,36
ПНГ-1	6	14000	84000	10	23,01	4	92,04
Буровая установка УРБ-	1	1500	168000	-	-	14	168000



2А2Д (аренда, руб/час)							
Компьютер	2	45000	90000	5	49,31	6	295,86
Итого:			676350	Итого:			169414,84

### 4.7.3 Основная заработная плата

В настоящую статью включается заработная плата работников, непосредственно участвующих в выполнении работ. Величина расходов по заработной плате зависит от трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сведен в таблицу 4.6.3.1

Таблица 4.6.3.1

#### Расчет основной заработной платы

Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Зарботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу, руб.
Составление полевого плана работ	Главный геолог	2	1500	3000
Полевые работы (бурение скважин)	Инженергеолог 2 категории	14	1240	17360
	Буровой мастер	14	1500	21000
	Машинист буровой установки	14	1150	16100
	Помощник машиниста буровой установки	14	940	13160
Лабораторные работы	Лаборант	12	835	10020
	Лаборант	12	835	10020
Камеральные работы (составление инженерно геологического разреза)	Инженергеолог 2 категории	3	1240	3720
Камеральные работы (расчет относительной деформации и составление графиков свободного набухания)	Инженергеолог 2 категории	3	1240	3720
Составление тех отчета	Главный геолог	2	1500	3000
Итого:				101100

Таким образом, размер основной заработной платы при выполнении работы, по изучаемой теме составит 101100 рублей.

#### 4.6.4 Отчисления по внебюджетные фонды

Тарифы страховых взносов 2020 года разделены на несколько категорий:

- по пенсионному страхованию;
- отчисления, направляемые на медицинское страхование в рамках ОМС;
- взносы на социальное страховое обеспечение на случай заболеваний и материнства;
- средства, направляемые в ФСС, формирующие фонд возмещения при возникновении несчастного случая на производстве или профзаболеваний («травматизм»).

Первые три вида взносов регулируются положениями Налоговым кодексом РФ (глава 34). Взносы по «травматизму» регламентируются нормами Закона от 24.07.1998 г. №125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний», при этом тарифы по страхованию от несчастных случаев ежегодно пересматриваются и утверждаются отдельным законом. На период с 2018 по 2020 годы ставки этого вида взносов остались неизменными (закон от 31.12.2017 г. № 484-ФЗ).

Законом от 03.08.2018 г. № 303-ФЗ внесены поправки в Налоговый Кодекс РФ, касающиеся страховых взносов. Размеры страховых взносов представим в таблице 4.6.4.1

Таблица 4.6.4.1

#### Размер страховых отчислений во внебюджетные фонды

Тип страховых взносов	Ставка в процентах
ПФР	22
ФСС (ставка 2020) на случай болезни и материнства	2,9
ФФОМС (ставка 2020)	5,1
ФСС на «травматизм»	0,2

Итого	30,2
-------	------

Таким образом, общий размер страховых отчислений во внебюджетные фонды составляет 30,2 %.

#### **4.6.5 Прочие прямые расходы**

В данной статье рассматриваются расходы, связанные с оплатой суточных членам полевой группы (4 чел.). Размер суточного содержания при выполнении полевых работ каждая организация устанавливает самостоятельно, в данном случае эта сумма составляет 800 руб. на человека в сутки. Таким образом, общий размер расходов на суточное содержание составит  $800 \text{ р.} * 4 \text{ чел.} * 14 \text{ дней} = 44800 \text{ рублей}$ .

#### **4.6.6 Накладные расходы**

В эту статью включаются затраты на управление, хозяйственное обслуживание, ремонт оборудования, аренду помещений и т.д. Обычно накладные составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по рассматриваемой теме. В данном случае накладные приняты в размере 85% и составляют  $101100 \text{ руб.} * 0,85 = 85935 \text{ рублей}$ .

#### **4.7 Реестр рисков проекта**

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 4.7.1

Таблица 4.7.1

## Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Погрешность расчетов	2	5	Низкий	Автоматизация расчётов	Невнимательность
2	Пониженный интерес к результатам исследования	2	5	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Низкая достоверность результатов исследования, скорость выполнения

### 4.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности

#### Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитывается фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{ont}}{(1+i)^t} - I_0$$

где:  $ЧДП_{opt}$  – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

$I_0$  – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

$t$  – номер шага расчета ( $t= 0, 1, 2 \dots n$ )

$n$  – горизонт расчета;

$i$  – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если  $NPV > 0$ , то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 4.8.1.

Таблица 4.8.1

Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	1106618,304	1106618,304	1106618,304	1106618,304
2	Итого приток, руб.	0	1106618,304	1106618,304	1106618,304	1106618,304
3	Инвестиционные издержки, руб.	- 922181,92	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб.	0	415246,76	415246,76	415246,76	415246,76
5	Налогооблагаемая прибыль(1-4)	0	691371,544	691371,544	691371,544	691371,544
6	Налоги 20 %, руб.(5*20%)	0	138274,309	138274,309	138274,309	138274,309
7	Итого отток, руб.	- 922181,92	553521,069	553521,069	553521,069	553521,069
8	Чистая прибыль, руб.(5-6)	0	553097,235	553097,235	553097,235	553097,235
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.(чистая прибыль+амортизация)	- 922181,92	722512,075	722512,075	722512,075	722512,075
10	Коэффициент дисконтирования (КД)	1	<u>0,833</u>	<u>0,694</u>	<u>0,578</u>	<u>0,482</u>
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.(9*10)	- 922181,92	601852,558	501423,380	417611,979	348250,820
12	$\Sigma$ ЧДД		1869138,737			
12	Итого NPV, руб.		946956,817			

*Коэффициент дисконтирования* рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: –ставка дисконтирования, 20 %;

$t$  – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 946956,817 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

$I_0$  – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{1869138,737}{922181,92} = 2,02$$

Так как  $PI > 1$ , то проект является эффективным

*Внутренняя ставка доходности (IRR)*. Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или =0. По разности между IRR и ставкой дисконтирования  $i$  можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования  $i$ , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 4.8.2 и на рисунке 1.

Таблица 4.8.2

Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-922181,92	722512,075	722512,075	722512,075	722512,075	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-922181,92	656763,4762	596794,974	542606,5683	493475,7472	1367458,846
	0,2	-922181,92	601852,5585	501423,3801	417611,9794	348250,8202	946956,818
	0,3	-922181,92	555611,7857	427727,1484	328742,9941	252879,2263	642779,2345
	0,4	-922181,92	515873,6216	368481,1583	262994,3953	187853,1395	413020,3946
	0,5	-922181,92	481915,554	320795,3613	213141,0621	143057,3909	236727,4483
	0,6	-922181,92	451570,0469	281779,7093	176292,9463	110544,3475	98005,1299
	0,7	-922181,92	424837,1001	242041,5451	146669,9512	80921,3524	-27711,97115
	0,8	-922181,92	401716,7137	223256,2312	123549,5648	68638,64713	-105020,7632
	0,9	-922181,92	380041,3515	200135,8448	105486,763	55633,42978	-180884,5311
	1,0	-922181,92	361256,0375	180628,0188	90314,00938	44795,74865	-245188,1057

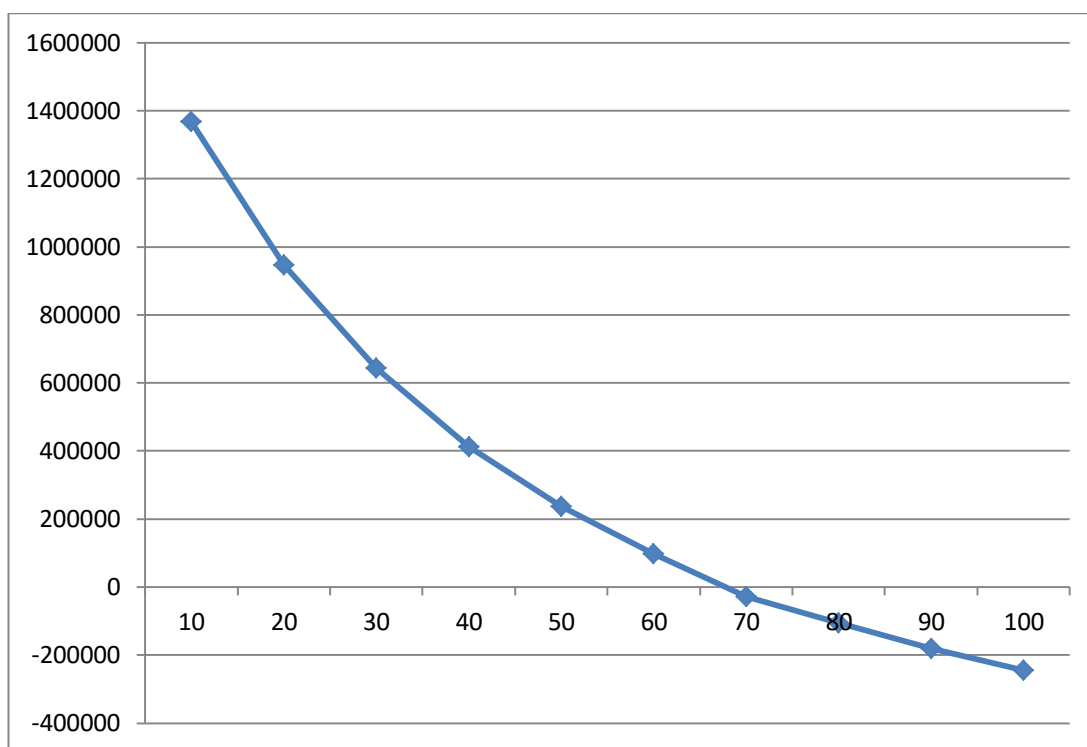


Рисунок 4.8.1 – график зависимости NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,64.

Запас экономической прочности проекта:  $64\% - 20\% = 44\%$

*Дисконтированный срок окупаемости.* Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 4.8.3).



## Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ( $i = 0,20$ ), руб.	-922181,92	601852,5 58	501423,3 80	417611,979	348250,820
2	То же нарастающим итогом, руб.	-922181,92	- 320329,3 62	181094,0 18	598705,997	946956,817
3	Дисконтированный срок окупаемости	<b>PP<sub>дск</sub></b> = 1 + (320329,362/501423,380) = 1,64 года				

## 4.9 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности[33].

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов объекта исследования можно определить следующим образом (по формуле 1):

$$l_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a; \quad l_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где  $l_m^a$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^a, b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

В качестве вариантов исполнения проекта рассмотрим три организации: две организации осуществляют деятельность отдельно в сфере инженерных изысканий (условно аналог 1) и в сфере строительства(условно аналог 2). Третья организация (текущий проект) осуществляет деятельность в сфере инженерных изысканий, но в качестве продукта предлагает комплексный

подход – расчет относительной деформации на основании выполненных собственными силами, инженерных изысканий.

Экспертным путем устанавливаем балльную оценку для текущего проекта и аналогов. Расчеты проводим по формуле (1). Полученные данные сводим в таблицу 4.9.1.

Таблица 4.9.1

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
Повышение производительности труда пользователя	0,10	4	5	5
Удобство эксплуатации в	0,10	5	3	3
Энергоэкономичность	0,11	5	4	4
Надежность	0,19	4	5	5
Конкурентоспособность продукта	0,11	5	4	3
Цена	0,14	5	4	4
Срок выполнения работ	0,12	5	4	4
Уровень проникновения на рынок на	0,13	3	5	5
Итого:	1	4,7	4,51	4,40

Таким образом, у текущего проекта интегральный показатель ресурсоэффективности является наивысшим, что говорит о более высокой эффективности по сравнению с аналогами.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле 2:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где  $I_{\Phi}^p$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Стоимость вариантов исполнения представим в виде таблицы 4.9.2.

## Стоимость вариантов исполнения

Текущий проект (комплексный подход)	Аналог (раздельное выполнение)	Максимальная стоимость исполнения
260032,12	460439,03	638228,8

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналога позволяет определить сравнительную эффективность проекта, рассчитывается по формуле 3:

$$Э_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

где  $Э_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$  – интегральный показатель эффективности разработки;

$I_{\text{финр}}^a$  – интегральный показатель эффективности аналога.

Результаты расчетов сведем в таблицу 4.6.3.

## Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Текущий проект	Аналог
Интегральный финансовый показатель разработки,	0,41	0,72
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки,	4,7	4,51
Интегральный показатель эффективности	11,46	6,26
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,83	

Сравнение значений интегральных показателей позволяет сделать выбор в пользу текущего проекта. Интегральный финансовый показатель свидетельствует об удешевлении стоимости текущего проекта. Интегральный показатель ресурсоэффективности является наивысшим, что говорит о более высокой эффективности текущего проекта по сравнению с аналогами.

Показатель сравнительной эффективности говорит о том, что с позиций финансовой и ресурсной эффективности текущий проект в 1,83 раза предпочтительнее аналога.

### **Вывод**

В результате выполнения данного раздела был выполнен анализ конкурентных технических решений. Анализ технических и экономических критериев показал, что организация, предлагающая комплексный продукт, обладает преимуществом по сравнению с конкурентами.

Было выполнено сегментирование рынка и выполнен SWOT-анализ. При работе над планированием были определены этапы работ, их трудоемкость, разработан план - график. Продолжительность работ по получению исходных данных и проведению расчетов займет 4 декады (39 дней). В экономическом отношении были определены затраты на проектирование, плановая себестоимость работ составит 260032,12 рублей, без учета налогообложения. В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 946956,817 руб.; индекс доходности  $PI=2,02$ , внутренняя ставка доходности  $IRR=64\%$ , срок окупаемости  $PP_{дск}=1,64$  года.

Таким образом, мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

При оценке сравнительной эффективности было установлено, что с позиций финансовой и ресурсной эффективности текущий проект в 1,83 раза предпочтительнее аналога.

## Список литературы

1. Кашменская О.В. и др. Кузнецкое нагорье. В кн.: История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Алтае-Саянская горная область. М.: Наука, 1969, с. 204-239.
2. Гидрогеология СССР, т. XVII. М.: Недра, 1972. 399 с.
3. Захарина, К. Э. О показателях оценки загрязнения окружающей природной и жилой среды Кемеровской области / К. Э. Захарина, Э. А. Арустамов // Отходы и ресурсы. – 2017. – Т. 4. – № 4. – С. 8. – DOI 10.15862/08RRO417.
4. Атлас Кемеровской области 2. Ковригина, Л.Н. Растительный мир Кузбасса и его охрана: учебное пособие [Текст] / Л.Н. Ковригина, Н.А. Фомина. – Кемерово, 1995. – 111с.
5. Инженерная геология СССР. Т.5. Алтай, Урал. Под ред.Е.М.Сергеева. М., Изд-во Московского университета, 1978 г. 219 с.
6. Геолого-геоморфологическая характеристика и полезные ископаемые Кемеровской области. Юрий В. У., Надежда Т.Е., Галина Н.Б. Геология и полезные ископаемые России. Т. 2: Западная Сибирь. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 477 с.
7. Бычков А.И., Шатилова Г.А. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые южной части Кузбасса. Отчет Кузбасской партии о результатах геологического доизучения и съемки масштаба 1:50 000 территории листов N-45-90-В, Г; N-45-91-А, Б, В, Г; N-45-92-А, Б; N-45-93- А за 1976-1989 гг. Т. 1-3. 1990.
8. Бычков А.И., Шатилова Г.А. Геологическое строение и полезные ископаемые центральной части Кузбасса. Отчет Кузбасской партии по составлению геологической карты и карты полезных ископаемых на Грамотеинской площади в рамках листов N-45-41-В, Г; N-45-53-А, Б, В, Г. 1998.
9. Холявко Г.Р. и др. Отчет Новокузнецкой съемочной партии за 1973-75 гг. (Материалы по подготовке к изданию гидрогеологической карты листа N-45-III масштаба 1:200 000). 1975.
10. Щигрев А.Ф., Куропаткин Ю.В., Иваня Л.А. Объяснительная записка к геологической карте рыхлых мезозойско-кайнозойских отложений Кузбасса масштаба 1:200 000. Отчет Картосоставительской партии за 1968-1975 гг. Т. 1 и 2. 1975.
11. Щигрев А.Ф. Геологическая карта четвертичных отложений Кемеровской области масштаба 1:500 000. Отчет Методической аэрокосмической партии за 1991-1993 гг. 1993.
12. Пономарева Е.А., Ефимова Л.И., Буткеева О.Ю. Биостратиграфическое изучение кайнозойских отложений Кузнецкого бассейна в помощь комплексной групповой геологической и гидрогеологической съемке масштаба 1:50 000 (отчет по производственной работе Споровопыльцевой партии за 1975-1977 гг.). 1978.

13. Дрягина Л.Л., Ошуркова М.В. Палинокомплексы пограничных горизонтов карбона и перми в Кузнецком бассейне. В сб.: Кузбасс – ключевой район в стратиграфии верхнего палеозоя Ангариды. Т. I. Новосибирск, 1996, с. 70-74.
14. Кашменская О.В. и др. Кузнецкое нагорье. В кн.: История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Алтае-Саянская горная область. М.: Наука, 1969, с. 204-239.
15. Куртигешев В.С., Гутак Я.М. Девонские отложения Барзасского района. В сб.: Материалы региональной конференции геологов Сибири..., Том II. Томск
16. Макеев В.М. Новейшая тектоническая структура и геодинамика Кузнецкой перигороженной области (северо-западная часть Алтае-Саянского орогена): Автореф. канд. дисс. М.: МГУ, 1996.
17. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. Томск, 2014, с. 55. Фин менеджмент
18. Sridharan, A. (2000) Classification procedures for expansive soils. Proceeding of the Institution of Civil Engineers: Geotechnical Engineering, 143, 235-240 Sridharan, A. & Prakash (2000)
19. Holtz W.G. & Gibbs H.J. (1959). Expansive clay-properties and problems. Quarterly of Colorado School of Mines, 54, 4, 89-125.
20. Holtz, W.G., & Gibbs, H.J. (1956) Engineering Properties of Expansive Clays. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 121, 641-663.
21. Chen, F.H. (1988). Foundations on expansive soils. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands.
22. СП 131.13330.2018. Строительная климатология.
23. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия.
24. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация.
25. ГОСТ 12248-2015. Грунты. Метод определения набухания и усадки.
26. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик
27. ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
28. IS 1498 URL: <http://www.consultant.ru> Дата обращения: <https://archive.org/> 15.05.21г.
29. ТК РФ Статья 221. Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты (в ред. Федерального закона от 30.06.2006 N 90-ФЗ) [Электронный ресурс] URL: <http://www.consultant.ru> Дата обращения: 15.05.21г.
30. ГОСТ 12.2.033-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические

- требования. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 15.05.21г.
- 31.ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 15.05.21г.0
- 32.ГОСТ 12.0.003-2015 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 16.05.21г.
- 33.СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 16.05.21г.
- 34.СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 17.05.21г.
- 35.ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 17.05.21г.
- 36.ГОСТ 12.1.006-84. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 17.05.21г.
- 37.ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 17.05.21г.
- 38.Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Седьмое издание. токов [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 17.05.21г.
- 39.ГОСТ 12.0.003-2015 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 16.05.21г.
- 40.ГОСТ 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 17.05.21г.
- 41.СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 16.05.21г.

- 42.ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 17.05.21г.
- 43.НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 18.05.21г.
- 44.ГОСТ 12.1.004-91. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 18.05.21г.
- 45.ГОСТ 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 17.05.21г.
- 46.ГОСТ 12.4.009-83. Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 18.05.21г.
- 47.ГОСТ Р 54906-2012. Системы безопасности комплексные. Экологически ориентированное проектирование. Общие технические требования. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru> Дата обращения: 18.05.21г.
- 48.Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ. Статья 14. Классификация условий труда. [Электронный ресурс] URL: <http://www.consultant.ru> Дата обращения: 24.05.21г.
- 49.[yandex.ru/maps](http://yandex.ru/maps)
- 50.[google.ru/maps](http://google.ru/maps)
- 51.[makemap.2gis/maps](http://makemap.2gis/maps)



## Приложение А

### Common Determinative Tests of Soil Swelling

---

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ91	Ли Инесса Дмитриевна		

Консультант школы отделения (НОЦ) \_\_\_\_\_ ОГ \_\_\_\_\_

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крамаренко Виолетта Валентиновна	К.Г.-М.Н.		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы \_\_\_\_\_ ОИЯ \_\_\_\_\_

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кемерова Наталья Сергеевна			

## Common Determinative Tests of Soil Swelling

### General characteristics of swelling soils

Many criteria are available to characterise the soil expansivity (Sridharan & Prakash 2000) which can be considered as an indicator of soil mineralogy[18].

Swelling soils, which are clayey soils, are also called expansive soils. When these soils are partially saturated, they increase in volume with the addition of water. They shrink greatly when drying and develop cracks on the surface. These soils possess a high plasticity index. Their color varies from dark grey to black. It is easy to recognize these soils in the field during either dry or wet seasons. During rainy seasons, these soils become very sticky and very difficult to traverse. The depths of these soils in some regions may be up to 6 m or more. Normally the water table is met at great depths in these regions. Such soils become wet only during rainy seasons, and are dry or partially saturated during dry seasons. In regions which have well-defined, alternately wet and dry seasons, these soils swell and shrink in regular cycles. Since moisture change in the soils bring about severe movements of the mass, any structure built on such soils experiences recurring cracking and progressive damage. If one measures the water content of the expansive soils with respect to depth during dry and wet seasons, the variation is similar to the one shown in Fig. 1

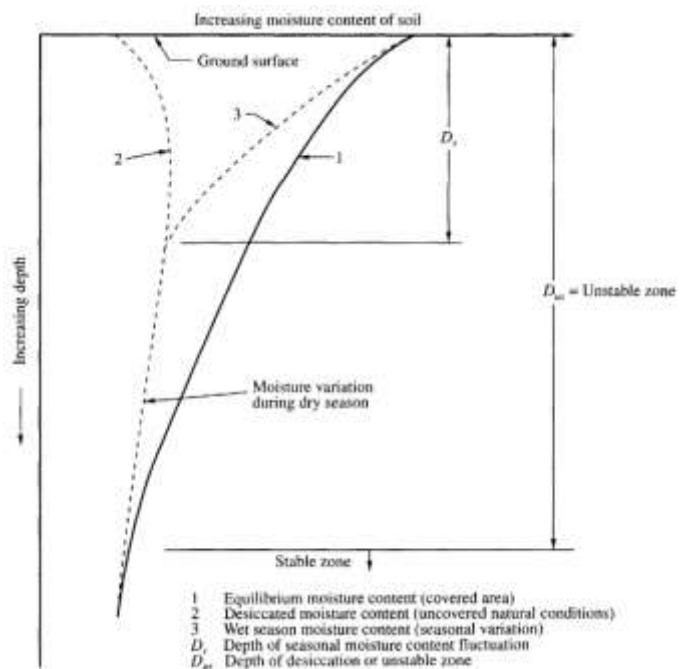


Fig. 1 Moisture content variation with depth below ground surface (Chen, 1988) [21].

Many of these criteria are based on simple index properties of soils, which can be broadly grouped into two types, namely indirect methods and direct methods:

- Indirect methods are based on liquid limit, Plasticity index, Shrinkage limit, shrinkage index, activity;
- Direct Methods include oedometer percent expansion test, free swell test.

Natural fine-grained soils are composed of both clay and non-clay minerals. The clay mineral composition of such soils primarily controls the engineering behaviour of soils, which varies from relatively inactive kaolinite to highly active montmorillonite. The knowledge of clay mineralogical composition of fine-grained soils is essential to understand their engineering behaviour and to effectively deal with soils in practice. In this context, determination of soil mineral composition gains importance.

#### *Distribution of expansive soils*

The problem of expansive soils is widespread throughout world. The countries that are facing problems with expansive soils are Australia, the United States, Canada, China, Israel, India, Russia and Egypt. The clay mineral that is mostly responsible for expansiveness belongs to the montmorillonite group.

### **Clay mineralogy and the mechanism of swelling**

Clays can be divided into three general groups on the basis of their crystalline arrangement. They are:

- Kaolinite group;
- Montmorillonite group (also called the smectite group);
- Illite group.

The kaolinite group of minerals is the most stable of the groups of minerals. The kaolinite mineral is formed by the stacking of the crystalline layers one above the

other with the base of the silica sheet bonding to hydroxyls of the gibbsite sheet by hydrogen bonds.

The structural arrangement of the montmorillonite mineral is composed of units made of two silica tetrahedral sheets with a central alumina-octahedral sheet. The silica and gibbsite sheets are combined in such a way that the tips of the tetrahedrons of each silica sheet and one of the hydroxyl layers of the octahedral sheet form a common layer. The atoms common to both the silica and gibbsite layers are oxygen instead of hydroxyls. In stacking of these combined units one above the other, oxygen layers of each unit are adjacent to oxygen of the neighboring units, with a weak bond and an excellent cleavage between them. The soils containing a considerable amount of montmorillonite minerals will exhibit high swelling and shrinkage characteristics. The illite group of minerals has the same structural arrangement as the montmorillonite group. The presence of potassium as the bonding materials between units makes the illite minerals swell less.

Expansive soils can be classified on the basis of certain inherent characteristics of the soil. It is first necessary to understand certain basic parameters used in the classification.

#### *Swelling Potential*

Swelling potential is defined as the percentage of swell of a laterally confined sample in an oedometer test which is soaked under a surcharge load of 7 kPa (1 lb/in<sup>2</sup>) after being compacted to maximum dry density at optimum moisture content according to the AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) compaction test.

#### *Swelling Pressure*

The swelling pressure  $p_s$ , is defined as the pressure required for preventing volume expansion in soil in contact with water. It should be noted here that the swelling pressure measured in a laboratory oedometer is different from that in the field. The actual field swelling pressure is always less than the one measured in the laboratory.

Hence, in investigating the behavior of fine-grained soils, knowledge of clay mineralogy of the soils is very important.

The following are some of the direct methods available to determine the clay mineralogy of the soils:

- X-ray diffraction analysis;
- Differential thermal analysis;
- Electron microscopy.

In addition to being highly sophisticated, these methods are relatively complicated in conduction and interpretation of the results. All laboratories may not have such highly sophisticated instrumentation. Apart from the direct methods mentioned above, indirect approaches to predict the clay mineralogy approximately through plasticity chart (Holtz and Kovacs 1981) and through activity (Mitchell 1976; Holtz and Kovacs 1981) are also available.

Development and standardization of a simple experimental procedure to give a qualitative yet reliable information of the soil clay mineralogy is advantageous to geotechnical engineers.

Simple soil property tests can be used for the evaluation of the swelling potential of expansive soils.

Such tests are easy to perform and should be used as routine tests in the investigation of building sites in those areas having expansive soil. These tests are:

- Atterberg limits tests;
- Linear shrinkage tests;
- Free swell tests;
- Colloid content tests.

As it was stated before, considerable studies have been done in an attempt to evaluate the swelling behavior of plastic clays. Researchers have given greater attention to empirical investigations of the swelling behavior of compacted and natural soils (Holtz and Gibbs, 1956). In general numerous experimental techniques have been suggested to determine and classify swelling characteristics of expansive

soils. Interpretations used to qualify expansive clays are not only dissimilar but also based either on soil index properties, or results given directly from swelling determination tests [20].

Many criteria have been proposed to identify and characterize expansive soil, such as liquid limit (Table 1), plasticity index (Table 2), shrinkages limit (Table 3), free swell index (Table 4), percent free swell (Table 5) and modified free swell index.

Chen (1975) reported that there was no observation to confirm the correlation between shrinkage limit and swelling potential. Sridharan and Prakash (1970) observed that the mechanism governing the clay swelling and shrinkage are different, so it is not useful to use shrinkage limit to predict the swell potential. Holtz and Gibbs (1956) suggested the percent free swell test to assess soils swell potential. It was discussed by Sridharan and Prakash (2000) that it is not possible to make a satisfactory prediction on soil expansivity upon index properties such as liquid limit, plasticity index and related parameters, as they do not consider the effect of clay mineralogy. On the other hand, the free swell ratio predicts soil swelling properties more realistically and satisfactorily. Additionally, this test presents additional information about the nature of the clay mineralogy of soils [20], [18].

Table 1

Proposed expansive soil classification based on plasticity index properties (Neil and Poormaayed, 1980)

Liquid limit	Plasticity index	Potential Swell (%)	Potential swell classification
<50	<25	<0,5	Low
50-60	25-35	0,5-1,5	Marginal
>60	>35	>1,5	High
Potential swell = vertical swell under a pressure equal to overburden pressure			

Table 2

Proposed expansive soil classification based on liquid limit (Chen, 1975)

Degree of expansion	W <sub>L</sub> : %	
	Chen	IS 1498
Low	<30	20-35
Medium	30-40	35-50
High	40-60	50-70
Very high	>60	70-90

Table 3

Proposed expansive soil classification based on plasticity index (Chen, 1975; Holtz and Gibbs, 1956 ; IS 1498)

Degree of expansion	I <sub>p</sub> : %		
	Holtz and Gibbs	Chen	IS 1498
Low	<20	0-15	<12
Medium	12-34	10-35	12-23
High	23-45	20-55	23-32
Very high	>32	>35	>32

Table 4

Proposed expansive soil classification based on other measures (Holtz and Gibbs, 1956; Seed H. B. and Woodward R.J, 1962)

Degree of expansion	Colloid content: % minus 0-.001mm	Shrinkage limit: %	Shrinkage index: %	Free swell index: %	Percent expansion in oedometer* as per Holtz and Gibbs	Percent expansion in oedometer * as per Seed et al
Low	<17	>13	<15	<50	<10	0-1.5
Medium	12-27	8-18	15-30	50-100	10-20	1.5-5.0
High	18-37	6-12	30-60	100-200	20-30	5-25
Very high	>27	<10	>60	>200	>30	>25

\*From dry to saturated condition under a surcharge of 7 kPa.

Note: Shrinkage index = (plastic limit-shrinkage limit)

#### *Atterberg Limits*

Holtz and Gibbs (1956) demonstrated that the plasticity index, I<sub>p</sub>, and the liquid limit, w<sub>l</sub>, are useful indices for determining the swelling characteristics of most clays. Since the liquid limit and the swelling of clays both depend on the amount of water which clay tries to absorb, it is natural that they are related. The relation between the swelling potential of clays and the plasticity index has been established as given in Table 5.

#### *Linear Shrinkage*

The swell potential is presumed to be related to the opposite property of linear shrinkage measured in a very simple test. Altmeyer (1955) suggested the values given in Table 6 as a guide to the determination of potential expansiveness based on shrinkage limits and linear shrinkage.

#### *Colloid Content*

There is a direct relationship between colloid content and swelling potential as shown in Fig. 2 (Chen, 1988). For a given clay type, the amount of swell will increase with the amount of clay present in the soil [21].

Table 5

Relation between swelling potential and plasticity index,  $I_p$

Plasticity index $I_p$ (%)	Swelling potential
0-15	Low
10-35	Medium
20-55	High
35 and above	Very high

Table 6

Relation between swelling potential, shrinkage limits, and linear shrinkage

Shrinkage limit %	Linear shrinkage %	Degree of expansion
<10	>8	Critical
10-12	5-8	Marginal
>12	0-5	Non-critical

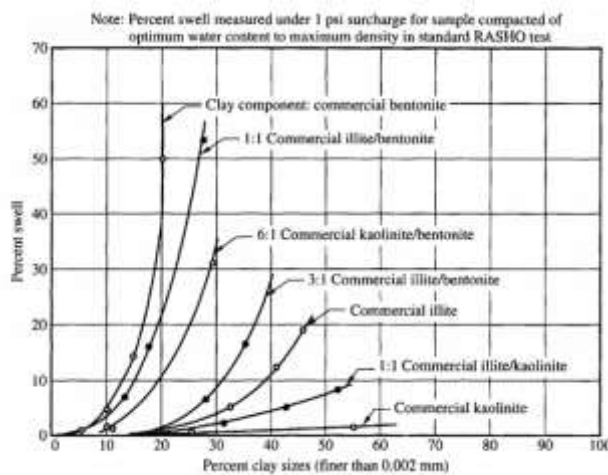


Fig. 2 Relationship between percentage of swell and percentage of clay sizes (after Seed et al., 1962)

### Free Swell Ratio

The free swell or differential free swell, also termed as free swell index, is one of the commonly used simple experiments performed by geotechnical engineers for getting estimates of soils expansion potential (Holtz and Gibbs, 1956).

Free swell index test shows just increases in volume of soil without any external constraint when subjected to submergence in water. The procedure of this method consists of placing 10 cm<sup>3</sup> of oven dried soil (passing sieve no.40) into 100 cm<sup>3</sup> measuring jar filled with distilled water and let the sample to rest. Then, the free



swell is defined as the increase in the volume of the soil expressed as the percentage of initial volume  $FS = ((V - V_0) / V_0) * 100$ . The disadvantage of this method is that the measure of 10 cm<sup>3</sup> is not easy and the personal judgment, which can be accompanied with an error, is one of the effecting parameters. It is acceptable to quantify 10 cm<sup>3</sup> as the volume engrossed by 10 gr of soil and it doesn't account for changes of density.

IS 1498 states a criterion to predict the swell potential of soil. This approach is based on the free swell ratio, defined as ratio of the sediment volume of soil in distilled water to that in kerosene or carbon tetrachloride volume  $FSI = (V - V_k / V_k) * 100$ . In some cases, for kaolinite-rich soil, these method results in negative free swell indices, subsequently, this technique may underestimate the swell potential of monmorillonitic soil, if the soils include high amount of kaolinite clay material. [18].

To work out this problem, a modified free swell index (MFSI) was proposed by Sridharan (1985). This method is based on the ratio of the equilibrium soil volume to the dry weight of the soil. To ready the sediment 10gr soil sample must be oven dried and mixed thoroughly with the distilled water in a 100 ml measuring jar then allow settling  $MFSI = V / 10$ .

It was observed that, the alluvium volume occupied with specific weight of the dry soil sample together with kerosene provides acceptable information about the soil expansivity and constitution of soil type - expansive/non-expansive combination of both (Table 7).

V: Sediment volume of 10 gr of oven dried soil passing sieve NO.40 placed in a 100 ml graduated measuring jar containing distilled water.

$V_k$  : Sediment volume of 10 gr of oven dried soil passing sieve NO.40 placed in a 100 ml graduated measuring jar containing kerosene.

$V_0$  : Volume of dry soil.

Expansive soil classification based on MFSI (Sridharan et al, 1986)

MFSI: cm <sup>3</sup> /g	Sediment volume in carbon tetrachloride: cm <sup>3</sup> /g	Clay type	Soil expansivity
<1.5	1.10-3.00	Non-swelling	Negligible
1.5-2.0	>1.1 and <MFSI	Mixture of swelling and non-swelling	Low
1.5-2	<1.1	Swelling	Moderate
2.0-4.0	<1.1	Swelling	High
>4.0	<1.1	Swelling	Very High

*Swelling pressure by direct measurement*

ASTM International defines swelling pressure which prevents the specimen from swelling or that pressure which is required to return the specimen to its original state (void ratio, height) after swelling. Essentially, the methods of measuring swelling pressure can be either stress controlled or strain controlled.

In the stress controlled method, the conventional oedometer is used. The samples are placed in the consolidation ring trimmed to a height of 1,91 to 2,54 cm (of 0.75 to 1 inch). The samples are subjected to a vertical pressure ranging from 500 psf to 2000 psf depending upon the expected field conditions. On the completion of consolidation, water is added to the sample. When the swelling of the sample has ceased the vertical stress is increased in increments until it has been compressed to its original height. The stress required to compress the sample to its original height is commonly termed the zero volume change swelling pressure.

A typical consolidation curve is shown in Fig 3.

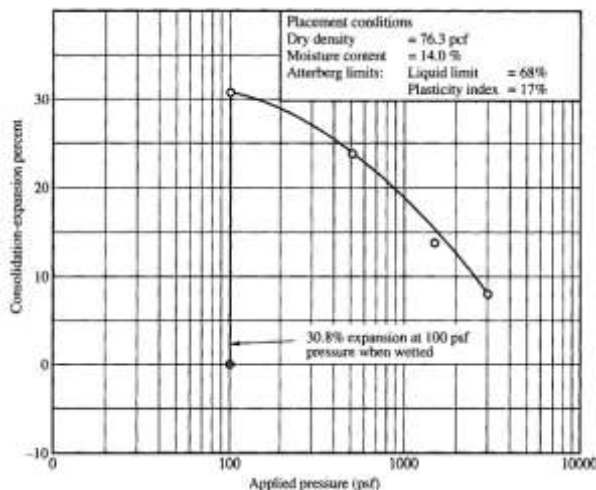


Fig 3 Typical stress controlled swell-consolidation curve (after Seed et al., 1962)

## Prediction of Swelling Pressure

Komornik et al., (1969) have given an equation for predicting swelling pressure as

$$\log p_s = 2,132 + 0,0208w_l + 0,00065y_d - 0,0269w_n$$

Where  $p_s$ - swelling pressure in  $\text{kg/cm}^2$

$w_l$ - liquid limit (%)

$y_d$ - dry density of soil in  $\text{kg/cm}^3$

$w_n$ - natural moisture content (%)

### *Methylene Blue test*

Initially the application of Methylene Blue test was developed in France to determine the suitability of granular material in manufacturing concrete while detecting clay content of granular material. Methylene blue powder,  $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{SCl}$ , behaves like a cationic dye when mixed with water. In the case of mixing with soil suspension its chloride ions change place with cation in clay minerals to be adsorbed on the surface of clay minerals. According to the clay type and the amount of clay minerals, specific surface area of clay per unit mass and cation exchange capacity the amount of blue methylene solution adsorbed by a given mass of clay changes. Since Methylene blue molecules have high propensity to be adsorbed onto the negatively charged surface which might otherwise attract cations, evaluation with methylene blue can also be mentioned to give a relative measure of the cation exchange capacity of a clay soil (Çokca and Birand, 1993). Methylene blue test has become a popular method because it does not require specialized expensive test setup and it is easily applicable. This method is a reliable and simple measurement of the existence and characteristics of clay minerals in soil sample, especially in the first stage of exploration (Verhoef, 1992). In general, there are two test methods that have been used in practice, A) Turbidimetric method and B) Spot method. The spot method is more common and simplified titration technique. To calculate MBV (methylene blue value) a definite amount of methylene blue solution is added in certain volumes to a suspension of fine grained soil, then clay particles of the suspension adsorb methylene blue and the total amount of adsorbed methylene blue is used to obtain MBV (Nevins and Weintritt, 1967; Taylor, 1985; Hills and Pettifer, 1985; Verhoef,

1992). It is useful to provide a correlation between soil index properties (liquid limit, plasticity index, etc.) and MBV to make preliminary evaluations of soil profile. Methylene blue test enables engineers to assess specific surface area (Chiappone et al., 2004; Yukselen and Kaya, 2008), cation exchange capacity (Taylor, 1985; Çokça and Birand, 1993b), swell potential (Çokça, 1991, 2002; Çokça and Birand, 1993a) and fine fraction determination in loose material (Pantet et al., 2007).

Determination of ion adsorption capacity of the soil is possible through methylene blue stain test. This goal can be obtained by verifying the amount of methylene blue needed to cover the entire surface area of clay particles in the soil. The basis of this method is on titration caused by chemical reaction between free cations of methylene blue acquired by dissolving methylene blue in water and interchangeable clay cations.

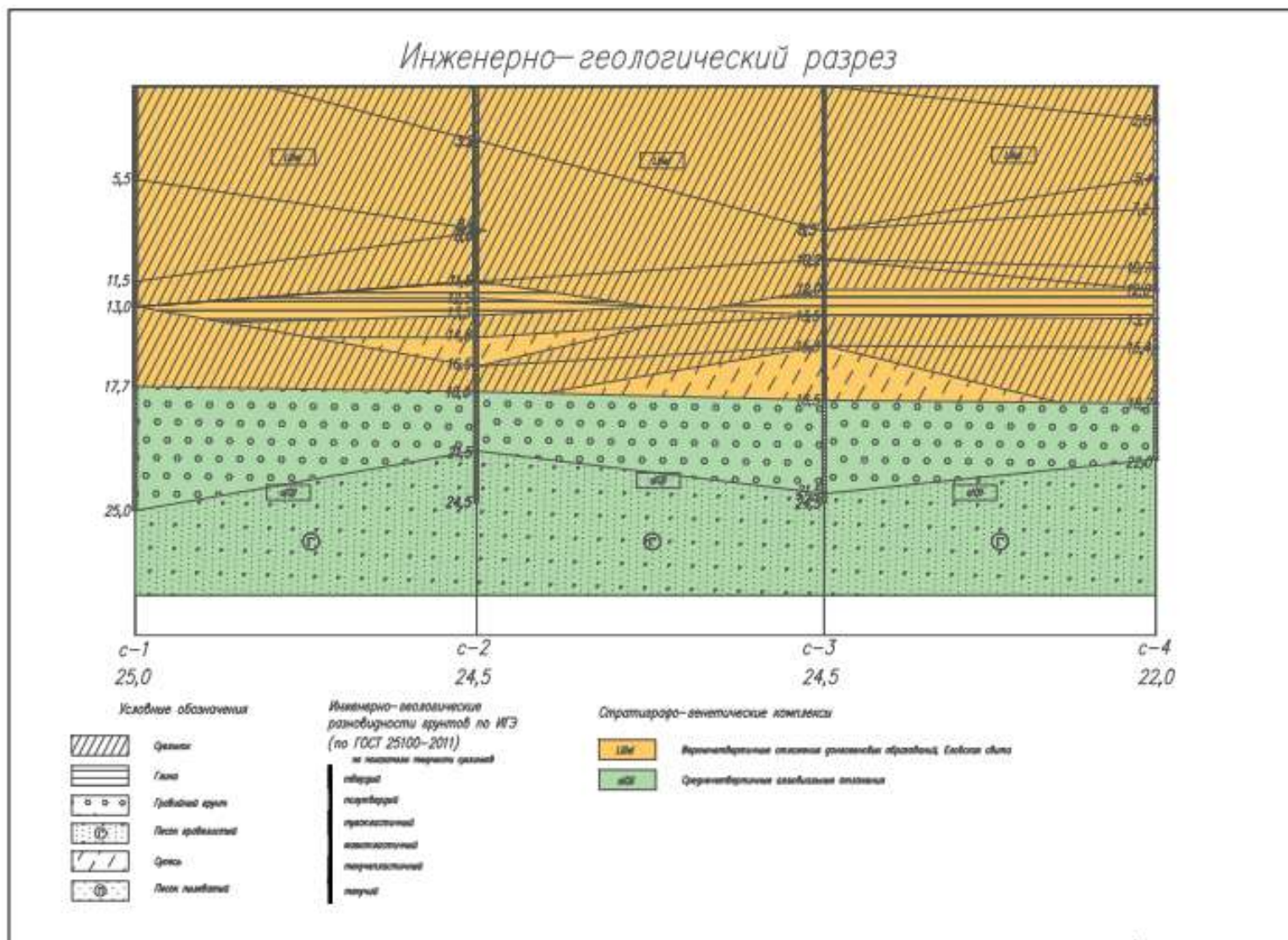
The biggest capacity for cation exchange belongs to clay particles with the largest specific surface area and the highest negative electrical charge. Increase in specific surface area and electrical charge of the clay particle results in increased adsorption capacity. A number of studies have been carried out by Chiappone (Chiappone et al, 2004) to compare practicality and evaluation of methylene blue test used in laboratories and identify clay minerals as stated in standards. According to ANFOR NF P 94-068 analysis, it is suggested to take soil test sample with 30 to 60 gr in clayey or excessively clayey soils and 120 gr in less clayey soil. On the other hand, ASTM standard which follows same test procedure as ANFOR standard suggests to use 2 gr of soil test sample and acidic milieu (pH ranges between 2.5 and 3.8) is recommended as solvent. Chiappone (2004) stated that for homogenous fine-grained soil test samples it is suggested to use ASTM standard (solely verifying the clay content), whilst ANFOR standard defined test method submits reliable results which present entire soil test samples, thus, it is recommended for heterogeneous samples.

## Conclusions

The understanding of the physical and engineering behavior of fine-grained soils requires the knowledge of the dominant clay minerals present in the soils. The existing procedures available to determine the soil clay mineralogy are complicated both in conduction and interpretation of the data obtained. However, the required soil clay mineralogical information can be obtained to a satisfactory extent with the help of free swell ratio (FSR). The FSR is the ratio of sediment volume in water to the sediment volume in kerosene/CCL<sub>4</sub>, which can be obtained even in the field without making use of any sophisticated instrumentation. The free swell ratio method of determining the clay mineralogy of the soil, hence, may be considered as a simple and user-friendly approach.

Clay mineralogical composition influences the soil behavior in the field dominantly. The current practices to obtain the clay mineralogical information involve sophisticated instrumentation and complex procedure. The same information can be obtained with a one-to-one accuracy using Free Swell Ratio, which is the ratio of equilibrium sediment.

## Приложение Б (Инженерно геологический разрез)



## Приложение В (Сводная таблица физико-механических свойств гунтов)

Лабораторный номер	Влажность $W$ , %	Влажность границы		Число пластичности $I_p^*$	Показатель текучести $I_L^*$	Плотность			Пористость $n^*$ , д.ед.	Коэффициент пористости $e^*$ д.ед.	FSI (индекс свободного набухания)	Модули деформации, МПа, в интервалах нагрузок, МПа					Угла внутреннего трения $\varphi^\circ$	Удельного сцепления $c$ , МПа	Относительная деформация набухания $esw0$	Давление набухания $P_{sw}$ , МПа	Относительная усадка образца			Наименование грунта по ГОСТ 25100-2020
		текучести $W_L$ , %	раскатывания $W_p$ , %			естественная $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	частиц грунта $\rho_S^*$ г/см <sup>3</sup>	сухого грунта $\rho_d$ , г/см <sup>3</sup>				0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3					По высоте $\delta_h$	По диаметру $\delta_d$	По объему $\delta_v$	
1	39,59	127,28	30,11	97,17	0,097	1,73	2,46	0,043	0,98	1,01	5,06	0,45	0,45	0,6	0,9	1,08	2,93	0,014	0,382	0,11	0,26	0,11	0,41	Глина полутвердая
2	78,91	127,28	30,11	97,17	0,502	1,51	2,46	0,019	0,99	1,92		0,51	0,53	0,63	0,75	0,82	2,55	0,007	0,248	н/о	0,27	0,15	0,47	Глина мягкопластичная
3	106,87	127,28	30,11	97,17	0,79	1,42	2,46	0,013	0,99	2,57		0,64	0,11	0,38	0,44	0,93	2,01	0,005	0,231	н/о	0,22	0,25	0,56	Глина текучепластичная
4	133,1	127,28	30,11	97,17	1,06	1,39	2,46	0,01	1	3,13		0,12	0,17	0,35	0,47	1,11	1,01	0,005	0,152	0,029	0,23	0,25	0,56	Глина текучая

н/о – характеристика неопределена