

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**

**Исследование просадочных свойств грунтов микрорайона Солонцы ( г.Красноярск )**

УДК 624.121.542(571.51-25)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ91	Убайдуллаев Нуриддин Гульматович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бракоренко Наталья Николаевна	к. г. -м. н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженерные изыскания в строительстве	Савичев Олег Геннадьевич	д.г.н.		

Томск – 2021 г.

## 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

	<b>объектов</b>
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	Убайдуллаеву Нуриддину Гульматовичу

Тема работы:

<b>Исследование просадочных свойств грунтов микрорайона Солонцы ( г.Красноярск )</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.01.2021 № 12-11/с

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

**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>Фондовые материалы, нормативные документы, опубликованная литература, материалы производственных работ автора.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общая характеристика просадочных грунтов.</li> <li>2. Физико – географические и инженерно – геологические условия района исследований.</li> <li>3. Методика исследования просадочности грунтов микрорайона Солонцы.</li> <li>4. Оценка просадочности грунтов микрорайона Солонцы</li> <li>5. Рекомендаций по изучению просадочности грунтов и инженерной защите территорий микрарайона солонцы.</li> <li>6. Социальная ответственность</li> <li>7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><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</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Пашков Евгений Николаевич</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>General characteristics soil subsidence.</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>31.05.2021</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бракоренко Наталья Николаевна	К. Г. -М. Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ91	Убайдуллаев Нуриддин Гульматович		

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)
15.03.2020	Литературный обзор по теме исследований	10
15.05.2020	Физико-географические и инженерно-геологические условия района работ	10
15.09.2020	Сбор и анализ фактического материала	20
15.11.2020	Оценка проницаемости грунтов микрорайона Солонцы, составления карт ИГУ, районирование	30
15.01.2021	Рекомендация по инженерной защите территорий с развитием проницаемых грунтов	20
15.03.2021	Социальная ответственность	5
15.05.2021	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бракоренко Наталья Николаевна	к. г. -м. н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ91	Убайдуллаеву Нуриддину Гульматовичу

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

Тема ВКР:

<b>Исследование просадочных свойств грунтов микрорайона Солонцы ( г.Красноярск )</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследование: специфические грунты (просадочные). Область применения: проектирование и строительство новых зданий и сооружений.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <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>	ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ стоя. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019)
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>– отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе;</li> <li>– превышение уровней шума и вибрации;</li> <li>– тяжесть физического труда;</li> <li>– движущиеся машины и механизмы производственного оборудования;</li> <li>– утечки токсичных и вредных веществ в рабочую зону;</li> <li>– недостаточная освещённость рабочей зоны;</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы, выхлопные газы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы, утечка горючесмазочных материалов);</li> <li>– анализ воздействия объекта на</li> </ul>

	литосферу (отходы, нарушение естественного залегания пород);
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Перечень возможных ЧС на объекте: техногенного характера – пожары и взрывы в зданиях, транспорте. Природного характера – оползень: Выбор наиболее типичной ЧС: – пожар

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пашкова Е.Н	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ91	Убайдуллаев Убайдуллаев Нуриддин		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ВМ91	Убайдуллаев Нуриддин Гульматович

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение</b>	<b>Отделение геологии</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	20.04.02 Природообустройство и водопользование
<b>Тема ВКР</b>	<b>Исследование просадочных свойств грунтов микрорайона Солонцы ( г.Красноярск )</b>		

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
Влияние геологического строения на элементный состав природных объектов приповерхностного горизонта на примере Батуриного рудопоявления золота Томской области	Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
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
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения и бюджет проекта 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	31.01.2021
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук	31.01.2021	

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ВМ91	Убайдуллаев Нуриддин Гульматович	31.01.2021	

## Реферат

Выпускная квалификационная работа написана на 132 страницах, содержит 28 рисунков, 40 таблиц, 55 источников литературы.

Объект исследований – специфические (просадочные) грунты.

Целью работы является оценка просадочности грунтов микрорайона Солонцы.

Для достижения данной цели, решались следившие задачи.

- оценка геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий микрорайона Солонцы.

- оценка просадочных свойств грунтов, выявление взаимосвязи между относительной деформацией прсадочности и свойствами грунта.

- определение типа грунтовых условий по просадочности и районирование территорий микрорайона по типу грунтовых условий по просадочности.

- выводы и рекомендаций по инженерной защите территорий, с развитием просадочных грунтов.

В процессе работы был проведен анализ и обобщение литературных сведений, фактического материала АО Краноярскгражданпроект. Описаны физико-географические, геологические, гидрогеологические условия района работ. Дана оценка просадочных свойств микрорайона Солонцы.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, с помощью Excel, а также AutoCAD 2020 и программы Statistica.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	14
ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ.....	15
1.2 Распространение просадочных грунтов .....	15
1.3 Особенности состава и состояния просадочных грунтов.....	16
1.4 Краткая история изучения просадочных грунтов .....	20
ГЛАВА 2. ФИЗИКО – ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО – ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИСЛЕДОВАНИЙ.....	23
2.1 Физико-географические условия .....	23
2.2 Климат .....	23
2.3 Рельеф .....	28
2.4 Геологическое строение .....	29
2.5 Тектоника .....	33
2.6 Гидрогеологические условия.....	35
2.7 Инженерно-геологические условия микрорайона Солонцы .....	40
ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ИСЛЕДОВАНИЯ ПРОСАДОЧНОСТИ ГРУНТОВ ...	42
3.1 Лабораторные определения .....	42
3.2 Полевые исследования .....	47
ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ПРОСАДОЧНОСТИ ГРУНТОВ МИКРОРАЙОНА СОЛОНЦЫ.....	57
ГЛАВА 5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЕ ТЕРРИТОРИЙ С РАЗВИТИЕМ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ .....	66
ГЛАВА 6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	69
6.1 Введение.....	69
6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. ....	70
6.3 Производственная безопасность .....	72
6.4 Анализ вредных и производственных факторов .....	73

6.5 Расчет искусственного освещения.....	78
6.6 Анализ выявленных опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по защите от их воздействия.....	79
6.7 Экологическая безопасность.....	81
6.8 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	83
6.9 Выводы по разделу .....	85
<b>ГЛАВА 7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБУРЕЖЕНИЕ .....</b>	<b>86</b>
7.1 Предпроектный анализ.....	86
7.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	87
7.3 SWOT-анализ.....	88
7.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	90
7.5 План проект .....	96
7.2 Бюджет научного исследования .....	98
7.2.1 Сырье и материалы .....	99
7.2.2 Специальное оборудование для выполнения работ .....	99
7.2.3 Основная заработная плата .....	100
7.2.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала .....	102
7.2.5 Отчисления во внебюджетные фонды .....	103
7.2.6 Накладные расходы .....	104
7.2.7 Капиталовложения по видам работ.....	104
7.2.8 Реестр рисков проекта .....	105
7.3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности .....	106
7.3.1 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	111
7.3.2 Выводы.....	114
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>115</b>

ЛИТЕРАТУРА .....	116
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	120

## ВВЕДЕНИЕ

Данная работа посвящена оценке просадочности микрорайона Солонцы в г. Красноярск.

Для достижения данной цели, решались следующие задачи.

- оценка геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий микрорайона Солонцы.

- оценка просадочных свойств грунтов, выявление взаимосвязи между относительной деформацией просадочности и свойств грунта.

- определение типа грунтовых условий по просадочности и районирование территорий микрорайона по типу грунтовых условий по просадочности.

- выводы и рекомендации по инженерной защите территорий, с развитием просадочных грунтов.

Для решения поставленных задач было выполнено: сбор и обобщение фактического материала, статистическая обработка данных физико-механических свойств просадочных грунтов, анализ полученных результатов, рекомендаций по инженерной защите территорий с развитием просадочных грунтов.

# ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ

## 1.2 Распространение просадочных грунтов

Просадочные почвы широко распространены на всей территории земного шара, но наиболее распространены в Европе, Азии и Америке. Площадь просадочных грунтов по подсчету специалистов по этой области, при средней мощности лёсса 11 м, общая площадь, занимаемая лёссовыми грунтами на земном шаре, составляет 19 млн км<sup>2</sup> [1].

На территориях постсоветских стран объём, покрытая лёссовыми породами, по подсчетам составляет около 34% континентальной части СНГ. Просадочные грунты распространены сплошным покровом на большей части Украины (до 80%) и юге европейской части России. В основном площади распространения лёссовыми породами на территории Средней Азии, Казахстане [1].

Общий объём на территории РФ занимаемая площади около 16%. Особенно широко они распространены в Забайкалье, Северном Кавказе и Западной Сибири, где они участвуют в строении толщ лёссовых пород, покрывающих обширные пространства. Мощность лёссовых толщ изменяется от нескольких метров в северной части зоны их распространения до 40 – 70 м, а местами больше в ее южной части территории [1].

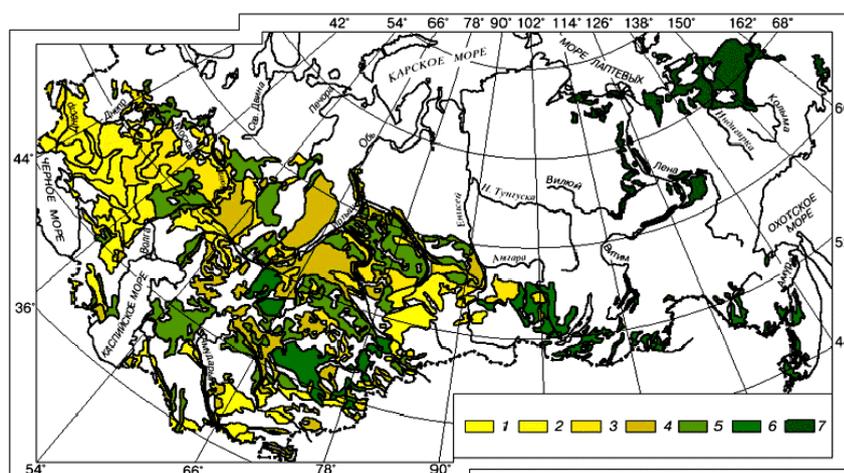


Рисунок 1.1– Карта развития лессовых пород (Соколов В.Н, 1996 г. [3])

### 1.3 Особенности состава и состояния просадочных грунтов

Просадочные грунты представляет собой неслоистую породу четвертичного периода, относящееся по гранулометрическому составу к пылеватым, суглинками и супесям. В его составе преобладают частицы пыли; частицы песка крупнее 0,25 мм, как правило отсутствуют, а глинистые частицы содержатся обычно незначительном количестве [4].

Частицы мелкого песка и пыли представлены в основном обломками кварца. Кроме кварца встречаются полевой шпата, слюды, в очень небольшом количестве гранит, и другие минералы. Глинистые минералы представлены каолинитом, иллитом, монтмориллонитом. Как правило, лесс содержит в значительном количестве, включения карбонатов [4].

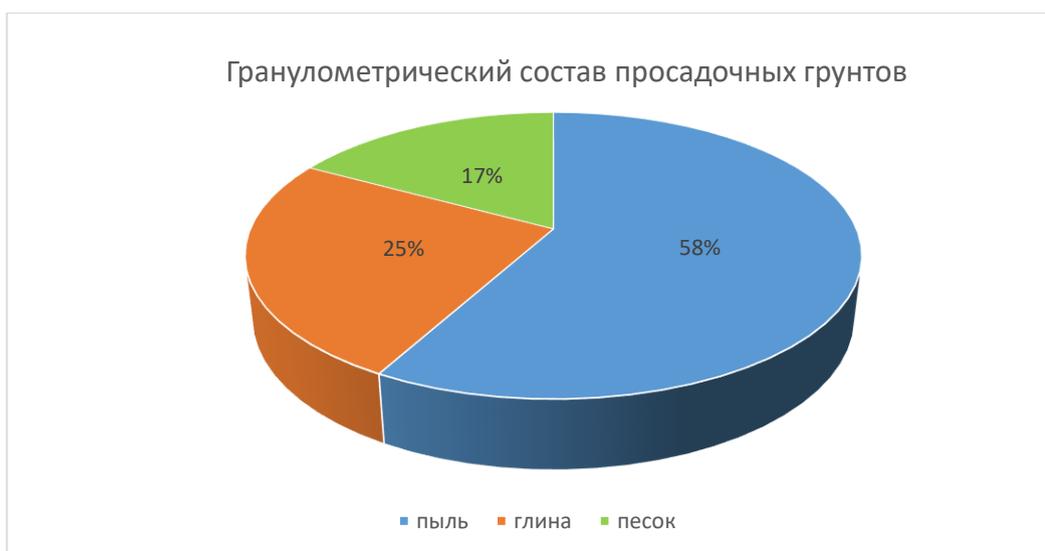


Рисунок – 1.2 Гранулометрический состав просадочных грунтов (осредненные данные)

Характерной особенностью лесса является высокая пористость, достигающая 46 – 52 % общего объёма породы. Для просадочных грунтов характерно наличие крупных, хорошо различимых невооружённым глазом пор, так называемых макропор, обычно представляющие собой цилиндрические трубочки. Диаметр макропор от 0,5 до 2 мм, а иногда достигает 5 мм и более. Однако макропористость нельзя считать особенностью всех лессовых пород.

Следует отметить, что крупные поры отсутствуют у многих разновидностей лессовидных суглинков, а иногда в лессе. Весьма существенно то, что эти породы обладают высокой общей пористостью и при отсутствии макропор, изменение лесса и лёссовидных суглинков при просадках сводятся к уплотнению этих пород с уменьшением пористости от 45 – 52 % до 38 – 42 %. При этом частицы и агрегаты частиц лесса и лёссовидных суглинков, в дальнейшем именуемые структурными элементами, в результате перемещении сосредоточиваются в пределах меньшего объёма, чем до возникновения деформаций [4].

При равномерном уплотнении, уменьшении пористости характерно для рассматриваемой единицы объёма породы в целом, а также для любого сечения породы, проведенного в произвольном направлении. Плотность частиц просадочных грунтов в зависимости от их минералогического состава колеблется в пределах 2,6 - 2,75 г/см<sup>3</sup> [4].

Плотность просадочных грунтов зависит от минерального состава, структуры и содержания в них воды и колеблется от 1,33 до 2,0 г/см<sup>3</sup>. Для них характерна также низкая плотность скелета (преимущественно менее 1,5 г/см<sup>3</sup>).

Природная влажность просадочных грунтов невелика и колеблется в пределах 7 - 12%, что, как правило, менее границы раскатывания. Для лессовидных суглинков природная влажность на 5 - 7 % выше по сравнению с лессами. Степень просадочности грунта существенно зависит от естественной влажности: чем меньше природная влажность, тем выше просадочные свойства грунтов. Влажность верхних слоев просадочных толщ грунта на глубине до 3 м существенно меняется в зависимости от времени года и атмосферных осадков, а на глубинах ниже 3 м изменение влажности обычно не зависит от этих факторов и остается постоянной, если нет постоянных источников обводнения грунтового массива [4].

Просадочные грунты имеют цвет серовато-коричневого, светло-коричневого и коричневого цветов, ожелезненный, карбонатизированный.

Большое распространение имеют породы, похожи на лесс, но отличающимся от него теми или иными признаками. Так, некоторые сходные по внешнему виду породы могут содержать включения крупнозернистого песка или гальки, другие – содержат лишь весьма незначительное количество карбонатов или обладают пониженной пористостью. Подобные породы обычно называют лессовидными. Следует отметить, что отсутствие определённых критериев для различия лесса от лессовидных суглинков часто приводят к тому, что одинаковые по составу и свойствам породы получают различные название и, наоборот, различные породы называются одинаково. Л. С. Берг [17] указывает, что между типичным лессом и лессовидными суглинками нет никакой принципиальной разницы эти породы не заметно переходят одно за другую.

Таблица – 1.1 Различия между лессами и лессовидными породами (по В. А. Обручеву) [16]

Характерные Признаки	Лесс	Лессовидный породы.
Материал	Эоловый, главным образом экзотический, т. е. принесенные со стороны.	Делювиальный, аллювиальный, пролювиальный, ледниковый, часто местный
Строение	Неслоистость первичная и нормальная полная.	Не слоистость вторичная и часто не полная.
Крупность зерна	Убывает с удалением от области развивания.	Зависит от крупности первичного материала.
Фауна	Наземная со случайной примесью пресноводной или прибрежной вблизи от водных бассейнов.	Наземная, водная, прибрежная или смешенная.
Мощность	Большая (400 м, но чаще от 10 до 70 м)	Небольшая ( 2 – 3 м, за редким исключением)
Общий характер	Однородный на больших площадках не зависимо от рельефа	Разнородный, быстро меняющийся в зависимости от рельефа.
Условия залегание	Повсюду (на водоразделах, Склонах, днищах долин и на равнинах.	На водоразделах только, который могли быть затоплены.
Распространение	На сухих степях, вне пустыни современных или прежних.	Иногда и в пустынях, например в оазисах, на берегах рек, вокруг источников.

Распределение	Зональное и закономерное Относительно областей развивания и в зависимости от господствующих ветров и рельефа,	Зональное, но только в зависимости от климата и наличия мелкозема, подвергающееся преобразованию в лессовидную породу
---------------	---	--

Глинистые породы, обладающий признаками и свойствами лессов, но отличающийся от них условиями образования (например, делювиальный, пролювиальные и др.), обычно относят к типу лессовидных. Однако установление генезиса лессовидных пород часто бывает затруднительным, и поэтому отличие их от лессов практически всегда носит условный характер. Это в основном и явилось причиной существования различных точек зрения на условия их образования в тех или иных районах. В этом многие исследователи видят и подчеркивают суть лёссовой проблемы [4].

Лёссовые породы следует рассматривать как единый самостоятельный петрографический тип континентальных отложений, формирующийся при определенных диагенетических процессах в условиях недостаточного увлажнения, развития степной растительности и фауны. Степень выраженности лёссовых признаков и свойств зависит от условия накопления осадка, за счет которых формируется рассматриваемый тип пород. При образовании осадков эоловым путем важные и характерные признаки и свойства лессовых пород выражены наиболее резко и отчетливо. В породах, сформировавшихся из осадков делювиального и пролювиального происхождения, эти признаки и свойства менее резки и отчетливы, а из осадков аллювиальных – они выражены еще слабее.

Свойства лессовых пород, как и любых других осадочных, изменяются также под воздействием различных эпигенетических процессов, процессов выветривания, под влиянием инженерных сооружений и т.д. При инженерно – геологической оценке свойства лёссовых пород и прогнозе их поведения под воздействием на них инженерных сооружений важно знать, из какого генетического типа осадков они образовались и какова степень измененности

их свойств. Лёссовые породы, как отмечено выше, водонеустойчивы, они легко и быстро размокают и размываются. Поэтому в районах их распространения широко развиты овражно-балочные явления, быстро разрушаются берега рек, озер и водохранилищ, многочисленны оползни, сплывы, солифлюкционные подвижки и другие явления. [4] Наиболее важная их особенность состоит в склонности многих их разновидностей к просадкам. При замачивании без увеличения нагрузки они нередко дают значительную дополнительную осадку (просадку) провального характера. Просадки развиваются сравнительно быстро (как бы мгновенно) и неравномерны по величине на разных участках. Поэтому при строительстве сооружений всегда возникает опасность нарушения их устойчивости и сохранности вследствие изменения влажностного режима лёссовых пород. Все это создает особые условия строительства сооружений на лёссовых породах [4].

#### **1.4 Краткая история изучения просадочных грунтов**

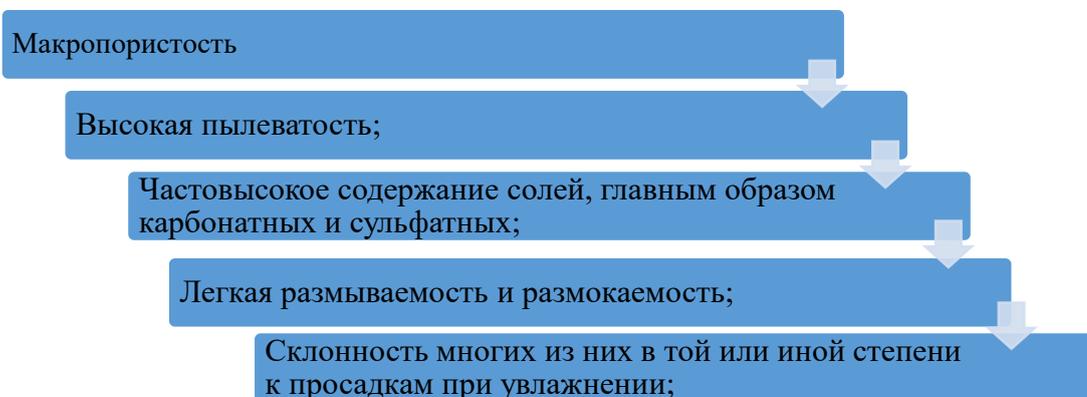
Первой работой, посвященной просадкам лёссовых пород, была статья В. А. Пышкина [4], опубликованная в 1928 г. и содержащая описание деформаций оросительных каналов в Голодной степи. В 1929 г. Была опубликована работа И. Е. Хеладзе [5], посвященная деформациям оросительных каналов в Закавказье. В то же время В. С. Гвоздев [7] подробно описал деформации, появившиеся при пуске в эксплуатацию Мало-Кабардинского канала. Это описание сопровождалось попыткой увязать территориальное распространение просадок с геоморфологическими особенностями местности и некоторыми данными о свойствах пород. В 1930 г. в журнале «Строительная промышленность» была опубликована статья Б. И. Михеева [8], в которой впервые описывались разрушения зданий в результате повышения влажности лёссовых пород. В статье отмечалось резкое падение прочности подобных пород при повышении их влажности и указывалось, что значительное сжатие пород происходит при влажности, намного меньшей полной влагоемкости. Б.И. Михеев описал деформаций зданий на территории

поселка Грознефти а также провальные воронки диаметром до 8 м. В этой статье правильно указывается, что главной причиной всех изменений в грунте является вода и что все внимание строителей должно быть направлено на отвод воды и недопущение ее с самого начала строительства к основаниям фундаментов. Это выступление Б.И. Михеева несомненно большую роль в привлечений инженеров строителей к свойствам лессовых пород. Откликом на выступление Б.И. Михеева в печати является статья А.Глаголева [14], опубликованная в 1931 г. В этой статье дается правильная в общих чертах характеристика деформаций лёссовых пород. Автор отмечает, что сухом состоянии породы оснований сооружений достаточно прочны, но вследствие проникания в них воды, цементирующие соли, известь, гипс и др. растворяются, частицы приходят в движение, более плотно укладываясь, и порода дает осадку, достигающую катастрофических для сооружений размеров. В статье подчеркивается необходимость борьбы с прониканием воды в толщу пород в основании сооружений. Вопрос о природе деформации лёсса и лёссовидных суглинков при повышении влажности впервые широко поставлен в работах К. И. Лисицына [9] опубликованных в 1931 и 1932 гг. В этих работах изложены результаты полевых исследований проведенных в Восточно Предкавказье в 1926 –1930 гг. Не ограничиваясь только описанием деформаций и характеристикой свойств просадочных и непросадочных лёссовидных суглинков, К. И. Лисицын дает широкую геологическую картину формирования пород, способных давать просадки.

Весьма интересные материалы получены в последние годы проектными и производственными организациями в связи с проектированием и строительством Волго-Донского судоходного канала им. В. И. Ленина и других сооружений (Е. С. Ловецкий, М. Д. Дундуков, В. А. Дуранте, М. Н. Гольдштейн, Я. Л. Коган и др.). Вопросы использования лёссовых пород в качестве оснований сооружений не раз обсуждались на широких научно-технических конференциях. Так, в 1935 г. Главным управлением строительной

промышленности Народного комиссариата тяжелой промышленности была проведена в Москве Всесоюзная конференция, посвященная вопросам строительства на лёссовых породах. Результаты его были кратко освещены Н. М. Герсевановым [11] в 1938 г. в г. Запорожье была проведена Всесоюзным научным инженерно-техническим обществом строителей вторая конференция по строительству на лёссовых породах. На ней были заслушаны доклады, содержащие большой фактический материал и анализ опыта строительства на лёссовых породах в течение первых двух сталинских пятилеток, [12, 13 и др.]. Вопрос о строительстве на лёссовых породах обсуждался также на совещании, проведенном ВНИТО строителей в 1949г. Обзор перечисленных работ показывает, что за время, прошедшее после появления первых трудов, посвященных строительным свойствами лёссовых пород, советскими исследователями проведена большая работа. Если на первом этапе исследований уделялось внимание только вопросам морфологии просадок и отдельным свойствам пород, то к настоящему времени выработаны определенные представления о природе деформаций лёссовых пород и методы.

Довольно подробную характеристику лёсса дал В. Т. Трофимов (1945 г.). По его наблюдениям, а также по наблюдениям других геологов и нашим личным, лёссы обладают характерными и довольно устойчивыми признаками и свойствами, из которых для инженерно-геологической их оценки особенно важны следующие [15].



## ГЛАВА 2. ФИЗИКО – ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО – ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИСЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Физико-географические условия

Объектом исследований является территория микрорайона «Солонцы-2» относящаяся к Центральному району г. Красноярска.

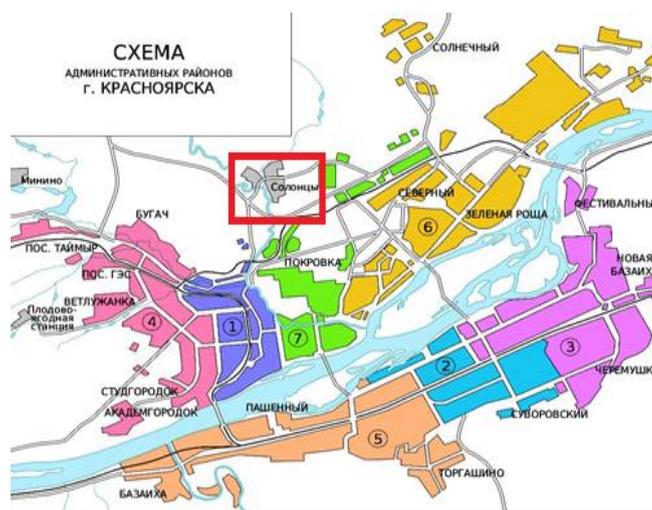


Рисунок – 2.1 Схема административных районов г. Красноярска [54]

### 2.2 Климат

Климат резко континентальный с большой годовой ( $38^{\circ}\text{C}$ ) и суточной ( $12^{\circ}\text{-}14^{\circ}\text{C}$ ) амплитудой колебаний температуры воздуха, характеризуется как суровый, строительно-климатическая зона –1, подрайон 1В.

Температура воздуха. Средняя годовая температура воздуха положительная и составляет  $0.5^{\circ}\text{-}0.6^{\circ}\text{C}$ . Самым холодным месяцем в году является январь – минус  $17^{\circ}\text{C}$ , самым жарким является июль – плюс  $18.4^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный минимум минус  $53^{\circ}\text{C}$ , абсолютный максимум плюс  $36^{\circ}\text{C}$ .

Наибольшие суточные колебания температуры воздуха наблюдаются в июне-июле  $8.3\text{-}8.1^{\circ}\text{C}$ , наименьшие в ноябре ( $2.2^{\circ}\text{C}$ ) и декабре ( $1.6^{\circ}\text{C}$ ).

Переход температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  осенью происходит в начале последней декады октября, весной в первой декаде апреля. Продолжительность безморозного периода 118 дней [18].

Таблица 2.1 – Средняя месячная температура ( $t^{\circ}$ ) (по данным метеостанции среднесибирской УГМС) [19].

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$t^{\circ}$	-18,3	-15,9	-7,9	1,7	9,1	16,4	19,4	16,2	9,6	1,6	-9,1	-16,6	0,5

Тепловой режим почвы определяется радиационным и тепловым балансом ее поверхности и зависит от температуры воздуха, механического состава почвы, ее влажности, наличия растительного и снежного покрова. Годовой ход температуры почвы аналогичен годовому ходу температуры воздуха. Отрицательные температуры на поверхности почвы отмечаются с ноября по март, положительные – с апреля по октябрь [18].

Температуры ниже  $0^{\circ}\text{C}$  отмечаются на глубине 20см с ноября, на глубине 40 и 80см - с декабря по апрель, а на глубине 160см - с февраля по май. Средняя глубина проникновения температуры  $0^{\circ}\text{C}$  в суглинистых грунтах колеблется от 66 см в ноябре до 276 см в марте. На глубине 320 см средние месячные температуры положительны в течение всего года. Нормативная глубина сезонного промерзания для глинистых грунтов составляет 250 см [18].

Таблица 2.2 – Средняя месячная температура ( $t^{\circ}$ ) почвы на поверхности земли

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$t^{\circ}$	-18	-16	-9	2	12	21	24	19	10	0	-10	-17	2

Относительная влажность воздуха является показателем насыщения воздуха водяным паром. Наиболее низкая относительная влажность (53-62 %) наблюдается в апреле-июне, наиболее высокая относительная влажность (72-76 %) наблюдается в августе и ноябре-декабре. Относительная влажность воздуха 80 % и более служит характеристикой влажных дней, 30 % и менее –

засушливых. Наибольший дефицит влажности отмечается в июне-июле. По степени влажности рассматриваемая территория относится к сухой зоне [18].

В сумме за год с поверхности почвы и снега может испариться 362 мм воды, а при неограниченном ее запасе максимально возможное испарение равно 639 мм.

Таблица 2.3 – Испарение\* (мм) и испаряемость\*\* (мм) с поверхности почвы и снега

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
*мм	0	2	7	36	59	72	80	62	29	13	1	1	362
**мм	3	6	14	62	100	130	126	92	57	30	13	6	639

Атмосферные осадки характеризуют толщину слоя воды (в миллиметрах), выпадающей на поверхность земли из облаков в виде дождя, снега, града, снежной крупы [18].

Район относится к зоне достаточного увлажнения, среднегодовое количество осадков по метеостанции Красноярск-Северный – 349мм. Большая часть осадков выпадает в тёплое время года (4-9 месяцы) – 78%. Грозовая деятельность в районе наблюдается чаще всего в июле. За год насчитывается 11 дней с близкой грозой и 15 дней с отдаленной. Среднее число грозовых дней за год 34, максимальное 60.5.

Таблица 2.4 – Среднее месячное и годовое количество осадков (мм)

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
мм	10	8	7	14	36	52	67	62	42	21	16	14	349

Снежный покров очень редко устанавливается сразу. Средняя дата появления снежного покрова 16 октября, самая ранняя 4 сентября, самая поздняя 9 ноября. Средняя многолетняя дата образования устойчивого снежного покрова 4 ноября. Высота снежного покрова в разные годы колеблется, наибольшая составляет 69см. Средняя дата схода снежного покрова

приходится на 4 апреля, самая поздняя на 20 мая, дата схода снежного покрова 1 мая. Район гололедности – II, толщина стенки гололеда – 10мм. [18]

Атмосферное давление имеет ярко выраженный годовой ход: максимум приходится на декабрь-февраль, а минимум на июнь-июль. Среднесуточная амплитуда колебаний давления значительна в течение всего года и составляет 5-6 гПа, наибольшая 9.4 гПа

Таблица 2.5 – Среднемесячное атмосферное давление воздуха (гПа)

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	
гПа	1004,1	1003,9	1000,5	995,8	991,3	986,7	
Месяц	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
гПа	984,7	987,5	993,6	997,3	1000,7	10003,6	995,8

Ветер и режим ветра непосредственно связаны с распределением атмосферного давления и его сезонными изменениями. Характерна однородность режима ветра в течение всего года. Преобладающее направление ветра юго-западное и западное, совпадает с направлением долины р. Енисей. Повторяемость юго-западных ветров велика в течение всего года (30-53%). На эти же направления приходятся и наибольшие средние скорости. Минимальных значений скорость ветра достигает в июле и августе (2.5-2.7 м/с). Наибольшие средние значения скорости (4-5 м/с) приходятся на апрель, май, октябрь и ноябрь. В период прохождения циклонов скорость ветра достигает 8-11 м/с, отдельные порывы бывают до 30 м/с. Сильные ветры со скоростью 15 м/с и более наблюдаются в течение всего года. Среднегодовая скорость ветра по метеостанции Красноярск- опытное поле 2.8м/с, ветровой район - II.

Таблица 2.6 – Среднемесячная и годовая скорость ветра, м/с

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя я	3,1	2,7	2,9	3,3	3,3	2,5	1,9	1,9	2,5	3,3	3,6	3,2	2,8

Таблица 2.7 – Среднее число дней с сильным ветром (= или >15 м/с)

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Число дней	3,8	1,9	3,5	3,1	5,0	2,3	0,7	0,8	1,7	3,7	3,5	3,1	33

Таблица 2.8 – Характеристика ветрового режима

Направление ветра	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость направлений ветра в январе, %	1	1	2	1	15	64	15	1	35
Повторяемость направлений ветра в июле, %	4	9	10	3	11	41	16	6	24
Скорость ветра по направлениям в январе, %	0,6	0,4	0,8	0,5	6,2	5,3	3,6	0,9	-
Скорость ветра по направлениям в июле, %	2,0	2,2	2,2	1,4	2,8	3,0	2,4	2,3	-

На рассматриваемой территории наблюдается большая повторяемость штилей и слабых ветров. Вероятность штилей в течение года составляет 29%, штилей в сочетании со слабым ветром (до 5м/с) – 85-90% [18].

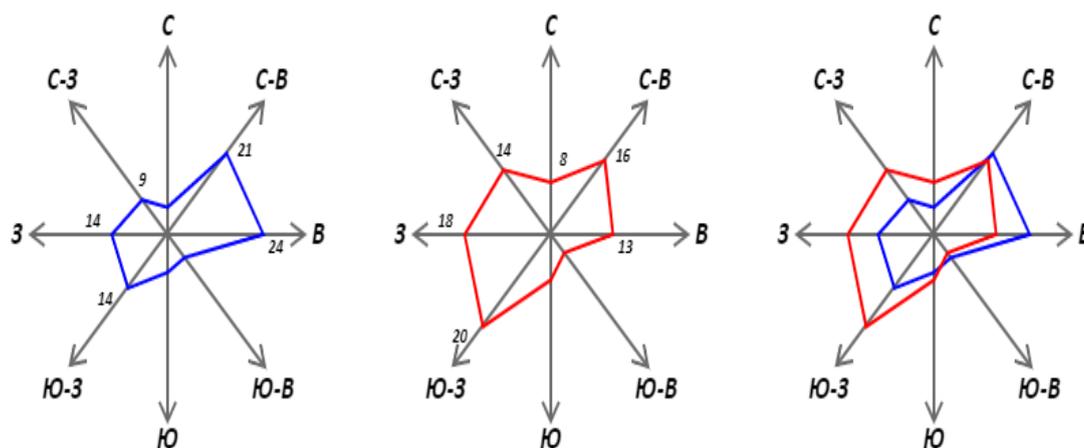


Рисунок – 2.1 Роза ветров [55]

### 2.3 Рельеф

Рельеф территории с морфографической и морфометрической точек зрения равнинно-холмисто-увалистый, возвышенный, с чередованием плоских водораздельных участков и широких ложбин стока. Глубина расчленения рельефа по относительной высоте составляет 15-50м. Территорию проектируемого жилого района с западной, северной и восточной сторон окружают возвышенности: Солонцы, Нанжуль и Бадалык. Вершины возвышенностей плоские, округлой и эллипсоидной форм, делювиальные склоны пологопокатые (2-6°) со слабоволнистыми поверхностями [20].

Гипсометрически ниже делювиальные склоны плавно переходят в пологие (1-2°) склоны ложбины стока. В пределах проектируемого строительства эрозионная ложбина стока расчленяет между собой вершины холмов и пререзает высокую эрозионно-аккумулятивную террасу р. Енисей. В современном рельефе уступ надпойменной террасы выражен не четко, вместо уступа прослеживаются склоны, перекрытые толщей глинистых грунтов делювиального генезиса. В планово-широтном отношении ложбина стока пересекает территорию с северо-запада на юго-восток. Ширина ложбины, отображенная на разрезах, пересекающих ложбину, колеблется в широких пределах и составляет 850-2500м и более. Максимальная установленная глубина ложбины определяется глубиной залегания кровли коренных пород. В северной и центральной частях территории составляет 20.7-21.9м, отметки дна ложбины 203.7-208.36м. В южной части территории глубина ложбины превышает глубину проходки скважин равную 38.0м, что в отметках составляет 170.45м. В северо-восточной части ложбина имеет отвершек, шириной 300-350м, глубиной 15.0м и отметкой дна 225.23м. Склоны ложбины пологие и очень пологие, уклоны составляют 1-2°. В периоды снеготаяния и выпадения ливневых дождей ложбина служит открытым коллектором, обеспечивающими сток поверхностных вод. Расчетные данные объемов стока дождевых и талых вод, стекающих по логу с водозборной площади, отсутствуют [20].

Абсолютные отметки поверхности территории предполагаемой застройки изменяются в пределах 203-255м. Уклон поверхности направлен к тальвегу ложбины стока (к центру территории), общий уклон рельефа имеет юго-восточное направление к р. Енисей и г. Красноярску.

Растительность левобережья - типичная степь. Из деревьев встречаются редкие березы и кусты шиповника. Залесенные участки представляют собой лесополосы из тополя и тальника. Травянистый покров представлен разнотравьем. Почвенный покров представлен обыкновенными, выщелоченными и оподзоленными суглинистыми комковатыми черноземами, а также лугово-черноземными и серыми лесными тяжелыми суглинистыми почвами.

## **2.4 Геологическое строение**

Геологическое строение долины р. Енисей, куда входит рассматриваемая территория, сложное, в нем принимают участие породы разного литологического состава, генезиса и возраста. Территория расположена в пределах нескольких крупных геоморфологических элементов, следовательно, и литологический состав отложений очень разнообразный.

### *Стратиграфия*

Стратифицированные образования на территории района представлены палеозойскими, мезозойскими и кайнозойскими отложениями.

### *Палеозойская эратема*

Отложения палеозоя распространены на юге и юго-западе рассматриваемой территории района, представлены осадочными породами нижнего, среднего и позднего девона, а также раннего карбона. Отложения образуют моноклираль и имеют северо-западное простирание и северо-восточное падение под углом 10-18°.

### *Девонская система*

Девонская система представлена всеми тремя отделами. Отложения распространены на юге и юго-западе рассматриваемой территории района.

### *Нижний отдел*

Нижний отдел сложен ассарьевской свитой эмского яруса.

Породы *ассарьевской свиты* -  $D_{1as}$  представлены валунно-галечниковыми конгломератами с невыдержанными прослоями песчаников и алевролитов. Отложения на поверхность не выходят и отмечены только на геологическом разрезе. Мощность отложений составляет 100-130м.

### *Средний отдел*

Средний отдел сложен павловской свитой.

*Павловская свита* представлена отложениями трех подсвит: нижнепавловской подсвиты эйфельского яруса и средне- и верхнепавловскими подсвитами живетского яруса. [20]

Породы *нижнепавловской подсвиты* -  $D_{2pv1}$  выходят на поверхность в юго-западной части рассматриваемой территории района, сложены песчаниками, алевролитами, гравелитами красно- и пестроцветными, реже конгломератами с линзами аргиллитов. Мощность отложений составляет до 350 м. Отложения согласно залегают на породах нижележащей свиты. Перекрываются отложениями среднепавловской подсвиты.

Породы *среднепавловской подсвиты* -  $D_{2pv2}$  распространены также в юго-западной части рассматриваемой территории района, представлены мергелями, известняками, линзами и прослоями алевролитов, песчаников, гравелитов, реже конгломератов. Мощность отложений составляет 120м. Отложения залегают согласно на породах нижележащей подсвиты. Перекрываются отложениями верхнепавловской подсвиты.

Породы *верхнепавловской подсвиты* -  $D_{2pv3}$  выходят на поверхность ближе к центральной части рассматриваемой территории района, представлены мергелями пятнистыми, красноцветными с прослоями песчаников и гравелитов, с редкой галькой. Мощность отложений составляет 120м. Отложения залегают согласно, на породах среднепавловской подсвиты. Перекрываются отложениями кунгусской свиты позднедевонского возраста.

### *Верхний отдел*

*Верхний* отдел сложен кунгусской свитой франкского-фаменского яруса.

Породы *кунгусской свиты* -  $D_2kp$  распространены в центральной и юго-восточной части рассматриваемой территории района, представлены мергелями пестроцветными, с прослоями зеленовато- и желто-серых гравелитов и песчаников, иногда «икряных» известняков и алевролитов. Мощность отложений составляет 310 м. Отложения залегают согласно, на породах верхнепавловской подсвиты. Со стратиграфическим несогласием, перекрываются отложениями каменноугольной системы.

### *Каменноугольная система*

Каменноугольная система представлена отложениями нижнего отдела, распространена в юго-восточной и центральной частях рассматриваемого района. Отложения залегают со стратиграфическим несогласием на девонских отложениях.

### *Нижний отдел*

Нижний отдел сложен чаргинской свитой турнейского яруса.

Породы *чаргинская свита* -  $C_1cr$  выходят на поверхность в центральной и восточной части рассматриваемой территории, представлены мергелями пестроцветными с прослоями алевролитов, песчаников и известняков, реже гравелитов. Мощность отложений составляет 80-250 м. Отложения залегают со стратиграфическим несогласием, на девонских отложениях. Со структурным несогласием, перекрываются отложениями юрской системы

### *Мезозойская эратема*

Отложения мезозоя распространены на севере и северо-востоке рассматриваемой территории района, представлены осадочными породами средней юры. Породы залегают на отложениях палеозоя с длительным перерывом в осадконакоплении и со структурным несогласием, имеют северо-западное простирание и северо-северо-восточное падение под углом 4-10°.

### *Юрская система*

Юрская система представлена всеми тремя отделами.

#### *Нижний отдел*

Нижний отдел сложен макаровской свитой плинсбахского яруса и иланской свитой тоарского яруса.

Породы *макаровской свиты* -  $J_{1mk}$  на поверхность не выходят и отмечены только на разрезе, представлены песчаниками, алевролитами, аргиллитами, углистыми алевролитами и базальными конгломератами. Мощность отложений составляет 50-100 м.

Породы *иланской свиты* -  $J_{1il}$  выходят на поверхность в центральной части рассматриваемой территории района, представлены песчаниками, с прослоями алевролитов зеленоцветных и линзами конгломератов. Мощность отложений составляет 30-60 м.

#### *Средний отдел*

Средний отдел сложен итатской свитой ааленского яруса, которая делится на нижне-, средне- и верхнеитатскую подсвиты.

*Итатская свита* представлена отложениями всех трех подсвит: нижнеитатской подсвиты ааленского яруса, среднеитатской подсвиты байосского яруса и верхнеитатской подсвиты батского яруса. Отложения распространены в северной части рассматриваемой территории района.

Породы *нижнеитатской подсвиты* -  $J_{2it_1}$  представлены преимущественно полимиктовыми песчаниками, алевролитами, конгломератами, с прослоями углистых сланцев и бурых углей, в основании гравелиты, конгломераты. Мощность отложений изменяется в пределах 20-150 м.

Породы *среднеитатской подсвиты* -  $J_{2it_2}$  представлены песчаниками, алевролитами, аргиллитами, углистыми аргиллитами, гравелитами, прослоями и пластами угля бурого, в низах распространены редкие линзы и прослои

гравелитов и конгломератов. Мощность отложений изменяется в пределах 25-150м.

Породы *верхнеитатской подсвиты* -  $J_{2it_3}$  представлены песчаниками, прослоями и линзами алевролитов, аргиллитов, углистых алевролитов, гравелитов и конгломератов, прослоями и пластами угля бурого невыдержанной мощности. Мощность отложений изменяется в пределах 35-150м.

#### *Верхний отдел*

Верхний отдел сложен тяжинской свитой оксфордского яруса.

Породы *тяжинской свиты* -  $J_{3tz}$  вскрыты в северной части рассматриваемой территории района, представлены песчаниками, алевролитами, аргиллитами пестроцветными, прослоями гравелитов, конгломератов. Мощность отложений изменяется в пределах 40-100м.

#### *Кайнозойская эратема*

Кайнозойская эратема представлена четвертичной системой.

#### *Четвертичная система*

Отложения четвертичной системы представлены голоценом, распространены в пределах русел и пойм бассейна среднего течения р. Енисей.

#### *Верхняя часть*

*Голоцен* -  $Q_n^2$  Отложения представлены галечниками, песками, супесями и илами. Мощность отложений составляет 2-3м.

## **2.5 Тектоника**

Рассматриваемый район города Красноярска в региональном плане расположены на сопряжении трёх крупнейших геоструктур: Алтае-Саянской складчатой области, Западно-Сибирской плиты и Енисейского кряжа, в пределах их составных частей: Красноярского поднятия, Рыбинской впадины, Чулымо-Енисейского прогиба и Ангаро-Канского антиклинория.

По геологическим и структурным особенностям на территории выделены: Герцинский и Мезозойский структурные этажи.

## **Пликативная тектоника**

### ***Герцинский структурный этаж.***

В пределах площади структурно-вещественный комплекс представлен терригенно-карбонатными озёрно-лагунными формациями среднего и верхнего девона (павловская и кунгусская свиты) и терригенно-карбонатными телепирокластическими формациями нижнего карбона (чаргинская свита), выполняющих Красноярскую моноклиналъ имеющую падение на северо-восток под углом 10-18°. Красноярская моноклиналъ расположена в юго-западной части площади, протягивается широкой полосой с северо-запада на юго-восток, имеет сегментарную форму. Моноклиналъ осложнена брахисинклиналъю, расположенной в западной части рассматриваемой территории, ее размеры составляют 1,5х3,5 км [20].

### ***Мезозойский структурный этаж***

Мезозойский плитный структурно-вещественный комплекс со структурным несогласием залегает на более древних комплексах. Он представлен угленосной лимнической (буроугольной) формацией ранней-средней юры (макаровская, иланская, итатская свиты) и пестроцветной карбонатно-терригенной формацией поздней юры.

Его структуры имеют формы пологих мульд, брахиформных складок, куполовидных поднятий, седловин. Главной его структурой на данной территории является Чулымо-Енисейский прогиб, в его юго-западной части, называемой Приенисейской впадиной.

### ***Альпийский структурный этаж.***

Альпийский этаж представлен формацией континентальной молассы и сложен палеоген-неогеновыми контактово-карстовыми полигенетическими отложениями мощностью до 20 м, образовавшимися в условиях локальных впадин и карстовых полостей. Верхняя часть этажа представлена аллювиальными отложениями древней и современной речной сети.

### *Дизъюнктивная тектоника*

Дизъюнктивные нарушения в пределах рассматриваемой территории представлены разрывами северо-западного простирания (главные разломы). В западной части рассматриваемого района расположении поперечные разрывные нарушения северо-восточного простирания. Главные разломы образуют грабен амплитуда которого составляет 250-600м.

Разрывные нарушения сформировались в послелюрский период.

### **2.6 Гидрогеологические условия**

Территория исследований находится в области сочленения 2-х гидрогеологических регионов: юго-восточной части Западно-Сибирского и северной оконечности Алтае-Саянского.

Юго-восточная окраина Западно-Сибирского региона характеризуется широким распространением грунтовых безнапорных вод в четвертичных аллювиальных отложениях рек Енисей, Есауловка, Тартат и других водотоков и порово-пластовых, трещинно-пластовых напорных и слабонапорных вод в юрских отложениях.

Северная оконечность Алтае-Саянского региона характеризуется развитием трещинно-грунтовых и трещинно-жильных вод, приуроченных к зонам открытой трещиноватости в породах архея и протерозоя.

В долинах поверхностных водотоков развиты водоносные горизонты аллювиальных отложений пойм и надпойменных террас. Формирование запасов подземных вод здесь тесно связано с положением уровня поверхностных водотоков [20].

На территории г. Красноярска с поверхности развиты преимущественно аллювиальные отложения р. Енисей, поэтому ниже приводится описание гидрогеологических условий в пределах пойменных и террасовых отложений р. Енисей.

Водоносный горизонт современных аллювиальных отложений ( $aQ_{IV}$ ) развит в пойменных и русловых отложениях рек Енисей, Кача и других более

мелких водотоков. Наиболее изученными в гидрогеологическом отношении являются пойменные отложения р. Енисей.

Мощность пойменных отложений р. Енисей колеблется от 5 до 17 м. Воды грунтовые. Глубина залегания подземных вод изменяется от 1,4 до 4,8 м. Водовмещающими являются гравийно-галечниковые отложения с включением валунов (р. Енисей) или песок разномелкий с включением гравия, гальки (более мелкие водотоки). Водообильность пойменных отложений р. Енисей высокая: дебиты скважин составляют от 11,8 до 41,7 л/с при понижениях 0,4-2,0 м. Также высокими являются их фильтрационные свойства - коэффициент фильтрации варьирует в пределах 270-700 м/сут [20].

Гидрогеологические параметры аллювиальных пойменных отложений более мелких потоков имеют более низкие значения. Дебиты скважин колеблются от 0,9 до 5,8 л/с при снижениих 0,1-0,6 м. Питание и формирование запасов подземных вод пойменных отложений осуществляется за счет поверхностных вод. Годовой ход изменения залегания подземных вод повторяет с небольшим опозданием изменение уровня воды в водотоке.

Подземные воды в аллювиальных отложениях р. Енисей, преимущественно, пресные, с минерализацией 171-204 мг/дм<sup>3</sup>. В ионно-солевом составе преобладают гидрокарбонаты и катионы кальция или натрия. Значения рН колеблются от 7,3 до 8,2, что характеризует воды как щелочные. Жесткость воды в пойменных отложениях р. Енисей 1,5 до 2,2 мг-экв/дм<sup>3</sup>, а в современных аллювиальных отложениях более мелких водотоков - от 5,6 до 7,0 мг-экв/дм<sup>3</sup>. По результатам спектрального анализа в подземных водах наблюдается превышение содержания в 1,5-2,5 ПДК бария. Остальные микрокомпоненты содержатся в пределах допустимых норм [20].

Из-за неглубокого залегания уровня грунтовые воды современных аллювиальных отложений подвергаются поверхностному загрязнению и относятся к слабо защищенным.

Подземные воды современных аллювиальных отложений р. Енисей используются для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых целей.

Водоносный горизонт четвертичных аллювиальных отложений ( $aQ_{II-III}$ ) объединяет участки распространения низких (1-3) и средних (4-6) надпойменных террас р. Енисей.

Глубина залегания горизонта колеблется от первых метров до 30-40 м. Водовмещающие породы: галечники, пески, реже супеси. Мощность водоносного горизонта достигает 32,0 м. Гидравлические уклоны колеблются в пределах  $0.001 < 0.013$ . Общее направление грунтового потока - в сторону р. Енисей. Водообильность горизонта неравномерная и характеризуется по данным опытных откачек удельными дебитами от 1,0 до 50,0 я/с, иногда выше (галечники низких и пойменных террас). Коэффициенты фильтрации гравийно - галечниковых отложений изменяются по площади и разрезу в широких пределах от 13 до 330 м/сут, реже до 470-730 м/сут.

Область питания водоносного горизонта совпадает с областью распространения. Питание осуществляется, главным образом, за счет инфильтрации атмосферных осадков, поверхностных вод гидрографической сети (речек, озер) и подтока трещинных вод. Разгрузка горизонта подземных вод аллювиальных отложений происходит естественным - дренированием р. Енисей, на отдельных участках ее притоками, родниками и искусственным путем - многочисленными водозаборными скважинами. По химическому составу воды пресные, гидрокарбонатные кальциево-магниевые.

Из-за неглубокого залегания уровня грунтовые воды современных аллювиальных отложений подвергаются поверхностному загрязнению, относятся к слабо защищенным [20].

## **2.7 Инженерно-геологические процессы и явления**

Геодинамическая обстановка рассматриваемой территории характеризуется совокупностью природных процессов и явлений, не связанных с деятельностью человека и зависящих от геоморфологических особенностей

местности, геологического строения, гидрогеологических условий, а также антропогенных процессов и явлений, возникающих во время той или иной инженерной и хозяйственной деятельности человека.

Из геологических процессов и явлений, оказывающих влияние на различные сооружения, в районе развиты:

- Просадочные явления в лессовидных глинистых грунтах, связанные с деятельностью поверхностных и подземных вод (просадки грунта).

- Овражно-балочные явления (размыв склонов в пределах ложбин стока, делювиальных склонов возвышенностей), связанные с деятельностью поверхностных вод и временных потоков (плоскостная и линейная эрозия).

- Смещения грунтовых масс, проявляющиеся в смещении (оползании) грунтов вследствие нарушения их устойчивого равновесия;

- Морозное пучение, связанное с сезонным промерзанием и оттаиванием грунтов (увеличение объема грунта при промерзании).

- Явления, связанные с инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Просадочные явления. На территории практически повсеместное развитие получили лессовидные глинистые, макропористые грунты (суглинки твердой и полутвердой консистенции и супеси твердой консистенции), обладающие просадочными свойствами.

Овражно-балочные явления. В пределах центральной части рассматриваемой территории, в направлении с северо-запада на юго-восток просматривается древний эрозионный врез (ложбина стока) и его небольшие отвершки в восточной части. В современное время эрозионный процесс приостановлен, профиль и склоны ложбины выположены, сама ложбина заполнена мощной толщей рыхлых глинистых, песчаных и крупнообломочных грунтов, поверхность задернована, на значительной площади распахана. Исключение составляет формирующийся молодой эрозионный размыв в виде промоины, расположенный в восточной части территории. Глубина размыва

составляет около 1.0м, ширина 1.5м и протяженность около 30м. В настоящее время росту размыва на данном участке способствуют множественные природные факторы: климатические условия, наклонная поверхность рельефа и, конечно самый важнейший, это литологический состав пород, представленный рыхлыми легкоразмываемыми отложениями (макропористыми супесями, суглинками, песками), вскрытая мощность которых, на данном участке, колеблется в пределах 3.8-20.0м и более.

Морозное пучение. Глинистые грунты твердой и полутвердой консистенции, вскрытые в пределах глубины сезонного промерзания (250-300см), как правило, практически непучинистые, однако, при дополнительном увлажнении грунтов выше расчетной критической влажности (до состояния полного водонасыщения) эти грунты следует относить к пучинистым. При влажности грунтов выше расчетного значения, степень морозоопасности, названных выше глинистых грунтов, изменится от практически непучинистых до средне- и чрезмерно пучинистых. Степень морозоопасности грунтов определена в соответствии с рекомендациями п. 2.133-2.137, табл. 39 «Пособие... к СНиП 2.02.01-83».

Пучение проявляется в неравномерном поднятии грунта при промерзании и сопровождается осадкой при оттаивании. Напряжения и деформации, возникающие при пучении грунтов основания, разуплотняют грунты и снижают несущую способность, а также вызывают деформацию и нарушают эксплуатационную пригодность подземных и надземных конструкций зданий и сооружений.

Явления, связанные с инженерно-хозяйственной деятельностью человека. Из техногенных факторов, влияющих на развитие или проявление тех или иных процессов и явлений, можно отметить такие как: нарушение условий поверхностного стока, проведение вертикальной планировки, разработка котлованов и траншей, прокладка разного рода водонесущих коммуникаций, утечки техногенных вод из систем водоснабжения и водоотведения, а также

некоторые другие. Вышеназванные факторы способствуют образованию подземных (техногенных) вод типа «верховодка» (водоносного горизонта, ограниченного как в плане, так и по глубине) и что особенно существенно, изменению влажностного режима грунтов в результате их дополнительного замачивания, иногда достигающего предельных величин, нарушающих необходимые условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений и вызывающих развитие различных негативных процессов (просадок, сползания грунтовых масс, пучения, деформаций оснований).

Дать, в пределах данной территории, точную количественную оценку возможных изменений инженерно-геологической и гидрогеологических условий, связанных с инженерно-хозяйственной деятельностью человека, не представляется возможным, по причине отсутствия результатов режимных и стационарных наблюдений.

Все вышеперечисленные физико–геологические явления отрицательно влияют на условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

## **2.7 Инженерно-геологические условия микрорайона Солонцы**

В административном отношении жилой район «Солонцы» относится к Центральному району г. Красноярска.

Рельеф территории с морфографической и морфометрической точек зрения равнинно-холмисто-увалистый, возвышенный, с чередованием плоских водораздельных участков и широких ложбин стока. Глубина расчленения рельефа по относительной высоте составляет 15-50м. Территорию жилого района с западной, северной и восточной сторон окружают возвышенности: Солонцы, Нанжуль и Бадалык [20].

Геологическое строение долины р. Енисей, куда входит и рассматриваемая территория, сложное, в нем принимают участие породы разного литологического состава, генезиса и возраста. Как уже отмечалось выше, территория расположена в пределах нескольких крупных

геоморфологических элементов, следовательно, и литологический состав отложений очень разнообразный.

Нерасчлененные аллювиально-делювиальные отложения четвертичного возраста имеют повсеместное распространение, как в плане, так и по глубине разреза. Представлены отложения преимущественно глинистыми грунтами, в меньшей степени песчаными и крупнообломочными, в разрезе залегают под почвенно-растительным слоем и техногенными отложениями, инженерно-геологический разрез показан в приложение А.

Гидрогеологические условия рассматриваемой территории обусловлены геологическим строением и высоким гипсометрическим положением поверхности относительно основных водных артерий р. Енисей и р. Кача (минимальное превышение отметок относительно уреза реки составляет 48-61м). Подземные воды в границах территории до разведанной глубины 5.0-35.0м (абс. отметки 173.09-242.06м) не вскрыты. Водоносный горизонт природного происхождения вскрыт одной скважиной №2182, расположенной в ложбине стока. Уровень подземных вод зафиксирован на глубине 36.0м (абс. отм. 172.45м).

## ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ИСЛЕДОВАНИЯ ПРОСАДОЧНОСТИ ГРУНТОВ

### 3.1 Лабораторные определения

Для оценки просадочности грунтов предусматривается проведение испытаний на специальных компрессионных приборах. Характеристики просадочности определяют по относительной деформации, полученной по результатам испытаний образцов отобранных монолитных грунтов. Испытания проводятся на образцах грунта с замачиванием их водой, при давлении, последовательно увеличиваемом степенями [25].

Испытания грунтов в компрессионных приборах можно проводить по схемам:

- одной кривой - для определения относительной просадочности  $\varepsilon_{sl}$  при одном заданном значении давления.
- двух кривых - для определения относительной просадочности  $\varepsilon_{sl}$  при различных давлениях, а также начального просадочного давления  $p_{sl}$ .



Рисунок 3.1 – Лабораторные методы определения относительной деформации просадочности

Образцы грунта для испытаний следует отбирать из монолита рабочим кольцом компрессионного прибора методом режущего кольца по ГОСТ 12071-2014 с учетом выполнения следующих требований [26]:

- кольца компрессионных приборов должны быть правильной формы, очищены от коррозии, пыли и внутренние поверхности покрыты антифрикционной смазкой;
- подготовленные образцы грунта при испытании должны иметь по отношению к направлению нагрузки ориентировку, соответствующую залеганию грунта в массиве;
- верхняя и нижняя поверхности образцов грунта должны быть тщательно зачищены под уровень стенок рабочего кольца.
- подготовленный образец грунта в рабочем кольце следует сразу же взвесить с точностью 0,01 г и поместить в компрессионный прибор.

При испытаниях по схеме "одной кривой" нагрузку штампа на образец грунта с природной влажностью следует прикладывать ступенями до заданного давления  $P_3$ .

Значение  $P_3$  следует принимать равным (с погрешностью  $\pm 10\%$ ) значению суммарного давления  $P_c$  от собственного веса грунта в водонасыщенном состоянии и от проектируемого фундамента или только от веса грунта  $P_c$  с учетом веса возможной планировочной насыпи, но не менее  $P_c + 50$  кПа (в зависимости от вида просадочных деформаций, для расчета которых определяются характеристики просадочности) на глубине отбора образца.[20]

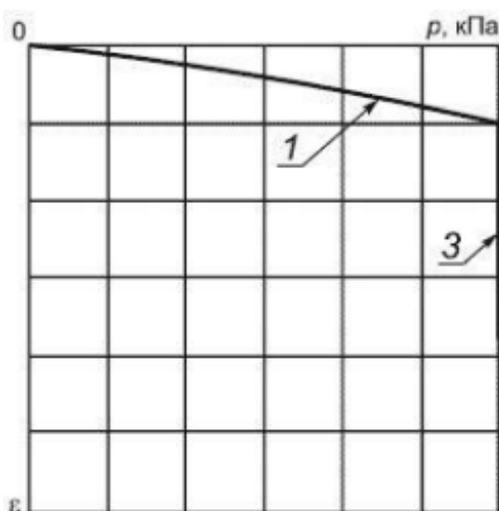


Рисунок 3.2 – График зависимости относительного сжатия грунта от давления для испытания просадочного грунта в компрессионном приборе для схемы «одной кривой». 1 – относительное сжатие  $E_e$  грунта с природной влажностью в зависимости от

давления,  $z$  – дополнительное относительное сжатие грунта в результате замачивания (относительная просадочность  $E_{sl}$ ) при заданном давлении  $P_z$

Испытания по схеме "двух кривых" надлежит проводить на двух образцах грунта, отобранных из одного монолита. Один образец следует испытывать в соответствии с 7.1, второй образец необходимо до его нагрузки замочить (без применения арретира) до полного водонасыщения, начиная замачивание не менее чем за 3 ч до передачи первой ступени давления при испытаниях просадочных супесей и пылеватых песков и 6 ч - при испытаниях просадочных суглинков и глин. Затем следует провести нагружение штампа на образец ступенями до заданного давления  $P_z$ , продолжая замачивание.

Значение  $P_c$  в испытаниях по схеме "двух кривых" следует принимать в интервале от 200 до 400 кПа с учетом предполагаемого суммарного давления в основании проектируемых фундаментов, но не менее значения давления от собственного веса грунта  $P_c$  с учетом веса возможной планировочной насыпи и не менее  $P_c + 50$  кПа. [20]

Образцы грунта, испытываемые по схеме "двух кривых", не должны отличаться по плотности сухого грунта более чем на  $0,03$  гс/см<sup>3</sup> и по влажности - на 2% (0,02 долей единицы).

В отдельных случаях, при испытаниях до заданного давления  $P_z < 150$  кПа, ступени давления должны быть равны 25 кПа.

Каждую ступень давления необходимо выдерживать до условной стабилизации осадки и просадки образца грунта. За критерий условной стабилизации осадки и просадки надлежит принимать приращение осадки и просадки образца, не превышающее 0,01 мм за 3 ч.

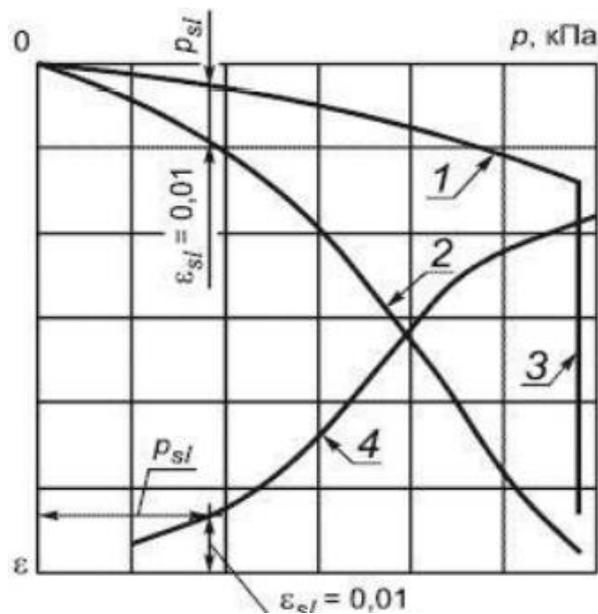


Рисунок – 3.3 График зависимости относительного сжатия грунта от давления для испытания просадочного грунта в компрессионном приборе для схемы «двух кривых». 1, 2 – относительное сжатие  $\epsilon_e$  грунта с природной влажностью и в водонасыщенном состоянии  $E_w$ , в зависимости от давления, 3 – дополнительное относительное сжатие грунта в результате замачивания (относительная просадочность  $E_{sl}$ ) при заданном давлении  $P_z$ , 4 - зависимость относительной просадочности  $E_{sl}$  от давления;  $P_{sl}$  - начальное просадочное давление.

По результатам испытаний просадочного грунта в компрессионном приборе получают следующие характеристики:

1. Величины осадки и просадки (абсолютного сжатия) образца грунта  $S$  (или  $\Delta h_i$ ) в мм с точностью 0,01. Эта величина вычисляется как средние арифметические значения показаний индикаторов;

2. Величину высоты образца грунта  $h_0$  с природной влажностью при природном давлении (на глубине отбора образца). Вычисляется как разность между начальной высотой образца  $h_n$  (высота рабочего кольца) и  $\Delta h_e$  – абсолютным сжатием грунта с природной влажностью при природном давлении:  $h_0 = h_n - \Delta h_e$

3. Значение коэффициента пористости при каждой ступени нагрузки по изменению высоты образца в процессе его уплотнения (высотный метод 36 компрессионного уплотнения) определяется по формуле:  $\Delta e = (\Delta h_i / h_n) * (1 + e_1)$ , где  $e_1$  – коэффициент пористости при бытовой нагрузке;  $e_1 = e_0 - ((\Delta h_1 / h_0) * (1 + e_0))$ ;  $\Delta h_i$  – изменение высоты образца породы при изменении её пористости от  $e_1$  до  $e_2$  при увеличении нагрузки от  $\delta z_g$  до  $\delta z_{g1}$ .

4. Величины относительного сжатия образцов грунта  $\varepsilon_i$  с точностью 0,001 при соответствующих значениях давления  $p_i$  и условно стабилизированных деформациях по формуле:  $\varepsilon_i = (\Delta h_i - r) / h_0$ , где  $r$  – поправка на упругую деформацию по данным тарировки. [27]

5. По величинам относительного сжатия образцов  $\varepsilon_i$  следует строить график зависимости  $\varepsilon = f(p)$  с отображением просадочных деформаций.

6. Относительную просадочность грунта  $\varepsilon_{sl}$  при заданном давлении  $P_3$  при испытаниях по схеме «одной кривой» следует определять как дополнительное относительное сжатие образца грунта в результате замачивания по формуле:  $\varepsilon_{sl} = \Delta h_{sl} / h_0 = (h' - h_{sat.p}) / h_0$ , где  $\Delta h_{sl}$  – дополнительное сжатие (просадка) грунта в результате замачивания;  $h'$  – высота образца грунта с природной влажностью при заданном давлении;  $h_{sat.p}$  – высота образца грунта после дополнительного сжатия (просадки) в результате замачивания. Величины относительной просадочности  $\varepsilon_{sl}$  для различных давлений при испытаниях по схеме «двух кривых» определяют как разность значений относительного сжатия образцов в водонасыщенном состоянии  $\varepsilon_w$  и природной влажности  $\varepsilon_e$  (разности ординат соответствующих кривых графика  $\varepsilon = f(p)$ ). По значениям  $\varepsilon_{sl}$  возможно построить график зависимости относительной просадочности от давления  $\varepsilon_{sl} = f(p)$ .

7. Начальное просадочное давление  $p_{sl}$  определяют по графику зависимости относительной просадочности от давления  $\varepsilon_{sl} = f(p)$ , принимая за величину  $p_{sl}$  то давление, при котором относительная просадочность составляет 0,01 МПа.

Результаты определения относительной просадочности выражают с точностью 0,001, начального просадочного давления — с точностью 0,1 кгс/см<sup>2</sup> и регистрируют в журнале испытаний с указанием наименования вида грунта и значений его физических характеристик.

Кроме определения относительной деформации просадочности, в соответствии с СП 448.1325800.2019 при лабораторных исследованиях просадочных грунтов необходимо также определять: природную влажность, плотность, границы текучести и раскатывания, гранулометрический состав (при двух методах подготовки грунта к анализу), содержание воднорастворимых солей и органических веществ (особенно для горизонтов погребенных почв), водопроницаемости [22].

### 3.2 Полевые исследования

Наиболее точными считаются полевые методы исследования грунтов, в связи с тем, что проводятся непосредственно на месте работ, исключая отбор, упаковку и транспортировку образцов [26].

На сегодняшний день, основным методом оценки просадочности грунтов является проведение испытаний грунтов статическими нагрузками (по методу «одной» и «двух» кривых). Для предварительной оценки СП 448.1325800.2019 рекомендовано использование статических испытаний микропенетрацией в просадочных грунтах и проведение иксиметрических исследований просадочных грунтов в скважине [22].

Ниже приведены полевые методы



Рисунок – 3.4 Полевые методы изучения просадочности грунтов

#### Испытания грунта статическими нагрузками на штамп

Наиболее распространённым является метод определения просадочности опытными штампами на глубине закладки фундаментов.

На рисунке 3.5 представлена схема испытания грунтов штампом. Опыты могут проводиться по двум схемам: "двух кривых" или "одной кривой". Схему испытаний выбирают в зависимости от комплекса характеристик, необходимых для проектирования. [24]

Схема "одной кривой", как и в лабораторных испытаниях, применяется в случаях, когда достаточно определить модуль деформации грунта при природной влажности  $E$  и относительную просадочность  $\varepsilon_s$  при одном заданном давлении  $p_z$ .

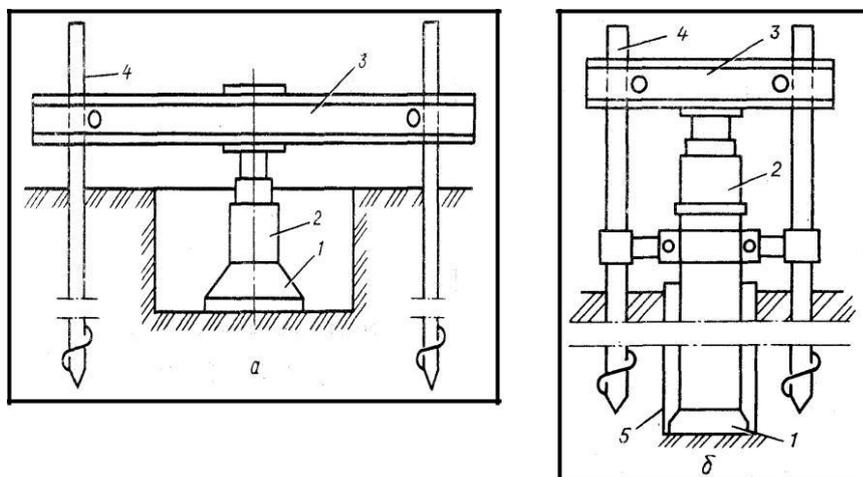


Рисунок – 3.5 Схема испытаний грунта статическими нагрузками на штамп. [28]

а - в шурфах; б - в скважинах; 1 - штамп; 2 - гидравлический домкрат; 3 - упорная балка; 4 - винтовые анкерные сваи; 5 - обсадная труба;



Рисунок 3.6 – Вид установки штампа для испытаний грунтов. [28]

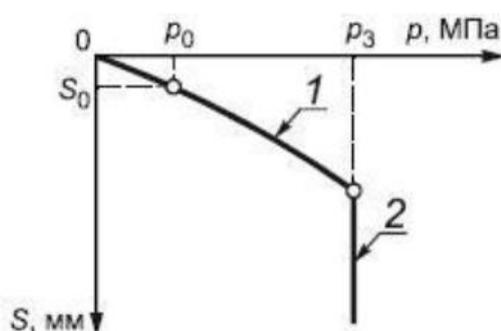


Рисунок 3.7 – График зависимости просадки грунта от давления для испытания штампом просадочного грунта с замачиванием для схемы «одной кривой». 1 – осадка, 2 – просадка при заданном давлении.

Из полученных результатам испытаний просадочных грунтов по схеме "одной кривой" определяют модуль деформации грунта природной влажности  $E$  и относительную просадочность  $\varepsilon_{s1}$  при заданном давлении  $p_3$ . Просадку грунта в основании штампа  $S_{sp1}$  для вычислений  $\varepsilon_{s1}$  при испытаниях по схеме "одной кривой" определяют как приращение осадки штампа в результате замачивания грунта при заданном давлении  $p_3$ . [24]

По схеме второй требует проведения двух опытов в двух шурфах, расположенных рядом в одном и том же слое лёссов. Один опыт проводится с

сохранением естественной влажности, а второй – с замачиванием после первой ступени нагрузки. Испытания по схеме "двух кривых" проводятся на одной глубине в двух шурфах, расположенных на расстоянии 4-7 м друг от друга, с использованием той же схемы штампа, что и для схемы «одной кривой». В одном шурфе испытания проводят так же, как и в схеме «одной кривой», а в другом - замачивают грунт после монтажа установки до приложения нагрузки, затем нагружая штамп ступенями до давления  $p_3$ , продолжая замачивание грунта.

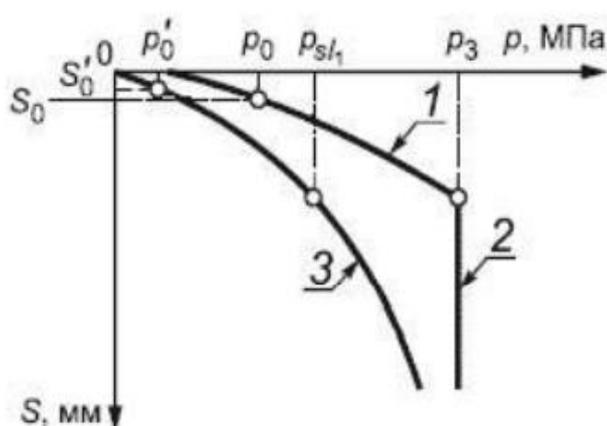


Рисунок 3.8 – График зависимости просадки грунта от давления для испытания штампом просадочного грунта с замачиванием для схемы «двух кривых» 1 – осадка, 2 – просадка при заданном давлении, 3 – осадка после замачивания [24].

### **Общая схема статических испытаний микропенетрацией в просадочных грунтах**

Принцип действия основан на измерении глубины погружения подпружиненного конуса. Тест определяет устойчивость грунта к проникновению конуса. Проникновение возможно только на высоту конуса. Схема микропенетromетра представлена на рисунке [24].

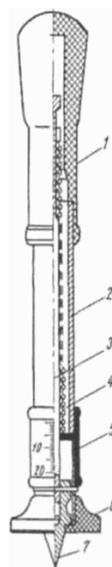


Рисунок 3.8 – Схема микропенетromетра  
1 - ручка; 2 - корпус; 3 - шток; 4 - пружина; 5 - движок;  
6 - опорная плита; 7 - сменный корпус

Технические характеристики микропенетromетра:

1) высота конуса - 25 мм;

2) угол при вершине конуса - 30°;

3) начальное натяжение пружины - 5,5 Н;

4) конечное натяжение пружины - 25,5 Н;

5) длина - 300 мм;

6) диаметр - 20 мм.

Количество отдельных «уколов» грунта отдельного инженерно-геологического элемента должно быть не менее 12, а при уточнении границ или выделении нескольких элементов в внешне однородном слое - не менее 24 (по 12 по обе стороны от предлагаемого деления. линия).

Результаты микропроникновения фиксируются в журналах с описанием выходов на поверхность, очистки и вскрытия. Для отдельного слоя однородного по составу и состоянию грунта и взятого инженерно-

геологического элемента результаты микропроникновения необходимо подвергнуть статистической обработке по ГОСТ 20522 для получения обобщенных характеристик пенетрации грунта [24].

Для приблизительной оценки однородности глинистого грунта можно использовать глубину погружения конуса микропенетromетра. При использовании конуса с углом при вершине  $30^\circ$  и постоянной силой вдавливания, равной 20 Н, допустимые отклонения погружения конуса в грунт не должны превышать 5 мм. С большим отклонением испытываемые разрезы показывают несколько отличающихся друг от друга слоев.

Расчет пластической прочности проводят по формуле

$$P = \frac{P_{\max} - Kh}{h^2}, \text{ (B.1)}$$

где  $P_{\max} = P_0 + KH$ ,

$P_0$  - начальное натяжение пружины, равное 0,5 кг;

$K$  - жесткость пружины, равная 0,65 кг/см;

$H$  - высота конуса, равная 30 мм;

$h$  - глубина погружения конуса, мм.

Сопротивление проникновению конуса в грунт называется предельным напряжением сдвига. Для конуса с углом вершины  $30^\circ$  он рассчитывается по формуле:

$$R = \frac{P}{h^2}, \text{ (B.2)}$$

где  $R$  - предельное напряжение сдвига, МПа;

$P$  - нагрузка на конус, Н;

$h$  - глубина погружения конуса в грунт, мм.

Отклонения значений предельного напряжения сдвига в исследуемом пласте, инженерно-геологическом элементе не превышают 15% от общего значения, учитываемого при разделении внешне однородных пластов и проведении границ элементов.

### **Проведение иксиметрических исследований просадочных грунтов в скважине**

В ходе испытаний проверяется сила, затрачиваемая на преодоление сопротивления породы движущемуся в ней режущему профилю. Эта сила представляет собой числовое сопротивление резанию, которое обеспечивает прочностные свойства горных пород

Иксиметр состоит из погружной части и регистрирующей оборудования, устанавливаемой на поверхности. Погружная часть представляет собой трубчатый корпус, в прорезе которого расположены подпружиненные ножи. Внутри корпуса размещен измерительный преобразователь давления, связанный кабелем с регистрирующей аппаратурой. Корпус снабжен механизмом заклинивания в обсадных трубах.

Обработка результатов испытаний заключается в совместном анализе стойкости к резанию результатов бурения, лабораторных исследований, а также результатов, полученных другими полевыми методами. На основании этого анализа выявляются геотехнические элементы и литологические различия, оценивается однородность породы, характер изменений и показатели прочностных свойств.

График иксиметрических тестовый участок используется для разделения разреза на слои, различающиеся по величине сопротивления резанию, выделяющие ослабленные прослойки и приближающие прочность песчано-глинистых грунтов. Величину сопротивления сдвигу  $\tau$  определяют по формуле

$$\tau = \frac{0,092s_k + 0,2\tau_0(1-L)}{1+2L}, \quad (\Gamma.1)$$

где  $s_k$  - удельное сопротивление резанию - отношение сопротивления резанию  $P$  к площади поперечного сечения ножа  $A$ , т.е.  $s_k = P/A$ ;

$\tau_0 = \frac{\gamma h}{2}(1-\xi)$  - сопротивление сдвигу при природном давлении на глубине  $h$ ;

$\gamma$  - плотность;

$\xi$  - коэффициент бокового давления;

$L$  - показатель структурной прочности.

По полученным данным  $\tau$  строят график зависимости  $\tau = f(h)$ , по которому будет оценится изменчивость прочностных свойств песчано-глинистых грунтов по разрезу.

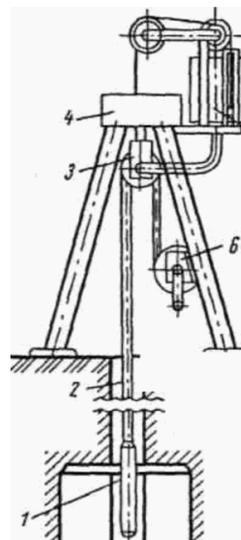


Рисунок 3.9 – Схема скважинного искиметра  
1 - нож; 2 - трос; 3 - ролик; 4 - динамометр;  
4 - самописец; 6 – лебедка

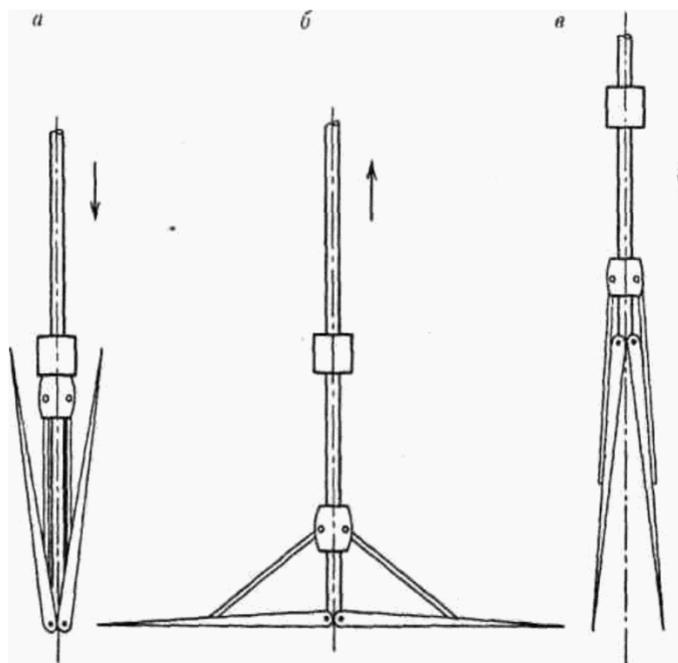


Рисунок 3.10 – Схема работы ножа искиметра  
*a* - при погружении в колодец (при вдавливании);  
*б* - рабочее положение ;  
*в* - положение при холостом подъеме [24]

Устойчивость сооружений, возводимых на просадочных грунтах, может быть обеспечена лишь в том случае, если в распоряжении проектировщиков имеется достаточно четкая характеристика этих пород и их поведения под сооружением. Поэтому задачей инженерно-геологических исследований, проводимых в связи со строительством в районах распространения лёсса и лёссовидных суглинков, является не только общая характеристика этих пород, но и установление возможности и актуальности возникновения деформаций пород и выстроенных на них сооружений при повышении влажности пород. При этом должны быть получены данные о возможной величине опускания поверхности земли при повышении влажности пород, испытывающих влияние лишь собственного веса (просадки), а также о возможных размерах дополнительных осадок фундаментов сооружений [24].

Эта задача должна решаться на основе данных полевых и лабораторных исследований [24].

В работе использованы данные физико-механических свойств просадочных грунтов, полученных лабораторными испытаниями, по методу одной и двух кривых.

## ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ПРОСАДОЧНОСТИ ГРУНТОВ МИКРОРАЙОНА СОЛОНЦЫ

В основу написания данной главы положен фактический материал АО Красноярскгражданпроект.

По этим данным была построена карта изменения мощности просадочных грунтов микрорайона Солонцы (рисунок 4.1). По построенной карте микрорайона Солонцы можно сделать вывод о том, что изменение мощности просадочных грунтов варьирует от нескольких метров достигая глубины 15 и более метров (в центральной и северо-восточной части, рассматриваемой территорий).

Далее используя, данные по относительной просадочности грунта  $\varepsilon_{sl}$  нами рассчитана суммарная просадка грунтов основания  $s_{sl}$ , см, по формуле:

$$s_{sl} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{sl,i} h_i k_{sl,i},$$

где  $\varepsilon_{sl,i}$  - относительная просадочность  $i$ -го слоя грунта,

$h_i$  - толщина  $i$ -го слоя, см;

$k_{sl,i}$  - коэффициент;

$n$  - число слоев, на которое разбита зона просадки  $h_{sl}$ .

Нами произведен расчет суммарной просадочности по 75 скважинам, по данным которых установлен тип грунтовых условий и составлена карта районирования мкр. Солонцы по просадочности грунтовых толщ.

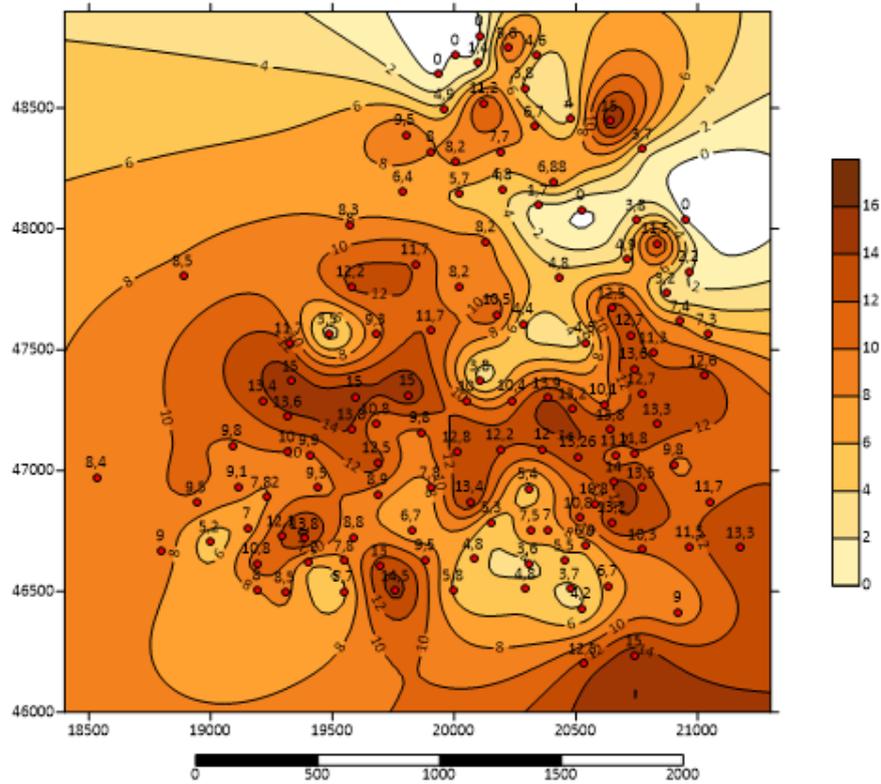


Рисунок – 4.1 Схема изменения мощности просадочных грунтов (территорий Солонцы)

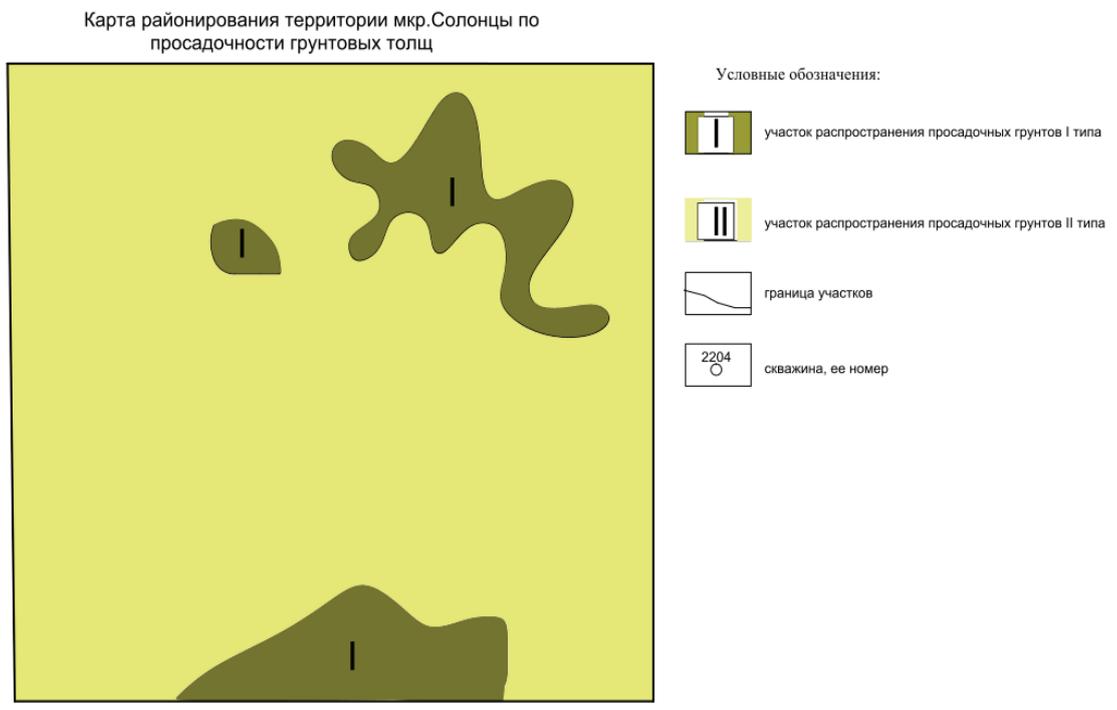


Рисунок 4.2 - Карта-схема районирования территории мкр. Солонцы по типу грунтовых толщ

Используя физико-механические свойства просадочных грунтов (таблица 4.1), построен график зависимости относительной деформаций прсадочности от свойств данного грунта (рисунок 4.3-4.7)

На таблице 4.1 приведены данные физических свойств просадочных грунтов микрорайона Солонцы [20].

Таблица 4.1 – Показатели свойств грунта

Природная влажность, д.е.	Степень влажности д.е.	Плотность част. грунта г/см <sup>3</sup>	Плотность грунта г/см <sup>3</sup>	Пористость, %	Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	Коэффициент пористости	Влажность, д.е.			Показатель текучести д.е.	Относительная Деформация прсадочности, д.е. при нагрузке 2 кг
							На гран. пред. теч. д.е.	На гран. пред. раскат д.е.	Число пластиности д.е.		
0,234	0,61	2,73	1,65	51	1,34	1,042	0,355	0,24	0,115	-0,05	0,071
0,201	0,62	2,71	1,73	46,8	1,44	0,881	0,306	0,206	0,100	-0,05	0,057
0,222	0,57	2,71	1,61	51,4	1,32	1,057	0,27	0,184	0,086	0,44	0,139
0,172	0,53	2,71	1,69	46,8	1,44	0,879	0,233	0,151	0,082	0,26	0,006
0,217	0,46	2,71	1,44	56,3	1,18	1,290	0,334	0,231	0,103	-0,14	0,103
0,175	0,59	2,71	1,76	44,7	1,50	0,809	0,261	0,16	0,101	0,15	0,024
0,143	0,37	2,71	1,51	51,3	1,32	1,051	0,298	0,187	0,111	-0,40	0,031
0,194	0,46	2,71	1,51	53,3	1,26	1,143	0,269	0,198	0,071	-0,06	0,043
0,133	0,44	2,71	1,68	45,3	1,48	0,828	0,246	0,163	0,083	-0,36	0,006
0,172	0,53	2,72	1,7	46,7	1,45	0,875	0,356	0,219	0,137	-0,34	0,007
0,153	0,36	2,72	1,46	53,4	1,27	1,148	0,302	0,177	0,125	-0,19	0,068
0,191	0,61	2,71	1,74	46,1	1,46	0,855	0,274	0,174	0,100	0,17	0,047
0,185	0,51	2,71	1,62	49,6	1,37	0,982	0,268	0,172	0,096	0,14	0,024
0,135	0,46	2,71	1,71	44,4	1,51	0,799	0,234	0,149	0,085	-0,16	0,008
0,238	0,72	2,72	1,77	47,4	1,43	0,902	0,334	0,201	0,133	0,28	0,005

Таблица 4.2 – Разновидности глинистых грунтов по относительной деформаций прсадочности

Разновидность глинистых грунтов	Относительная деформация прсадочности $\epsilon_{sj}$ , д. е.
Непросадочный	$\epsilon_{sj} < 0,01$
Просадочные:	
- слабопросадочный	$0,01 \leq \epsilon_{sj} \leq 0,03$
- среднепросадочный	$0,03 < \epsilon_{sj} \leq 0,07$
- сильнопросадочный	$\epsilon_{sj} > 0,07$

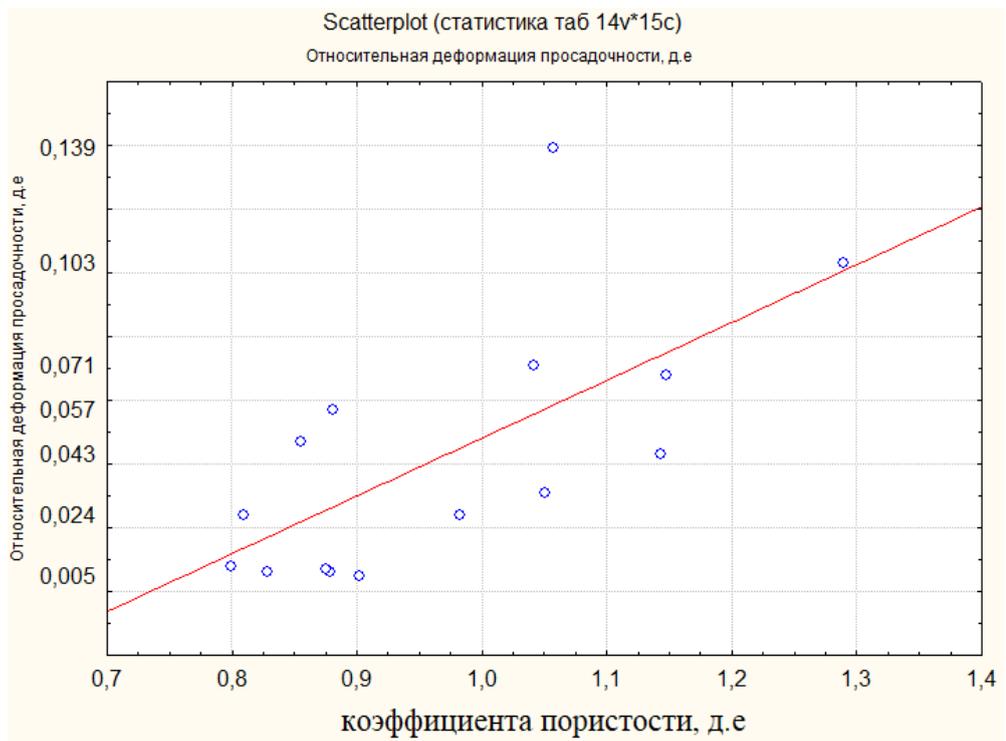


Рисунок 4.3 – График зависимости относительной деформаций проницаемости от коэффициента пористости

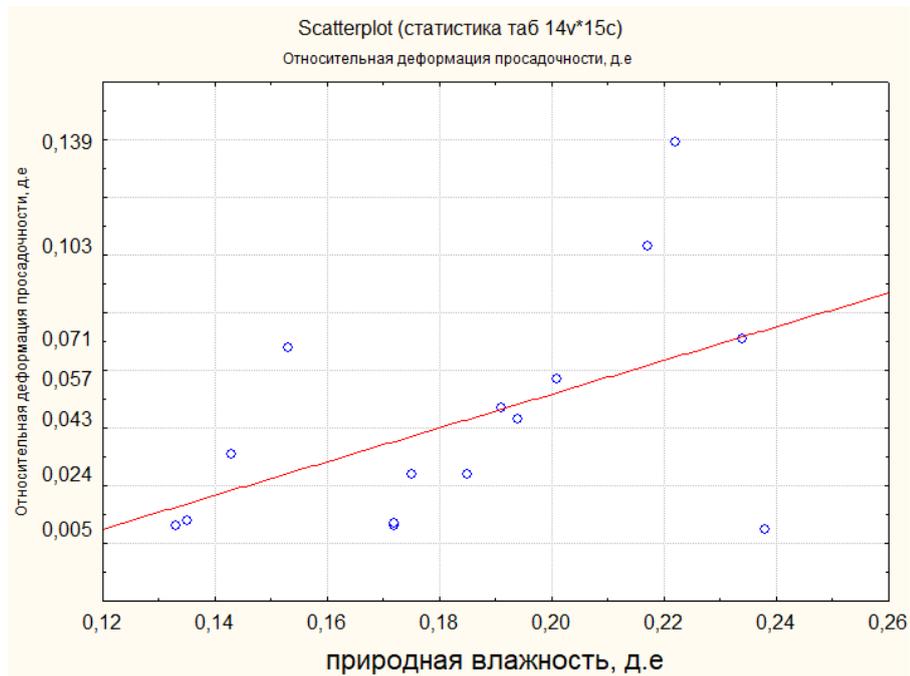


Рисунок 4.4 – График зависимости относительной деформаций проницаемости от природной влажности, д.е

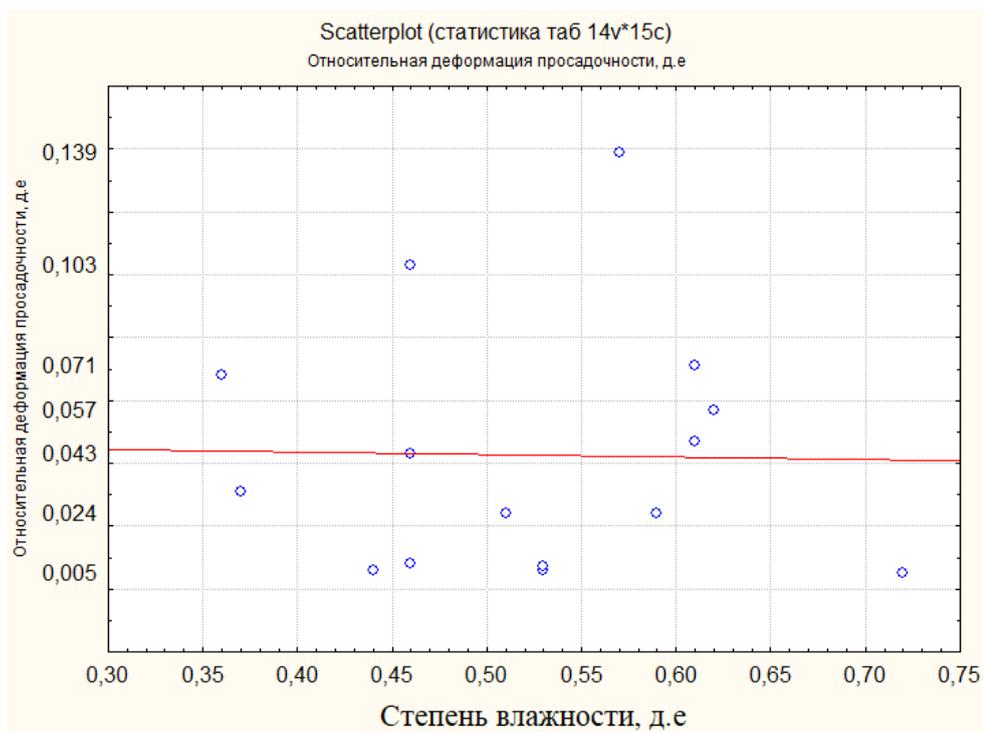


Рисунок 4.5 – График зависимости относительной деформаций просадочности от степени влажности, д.е

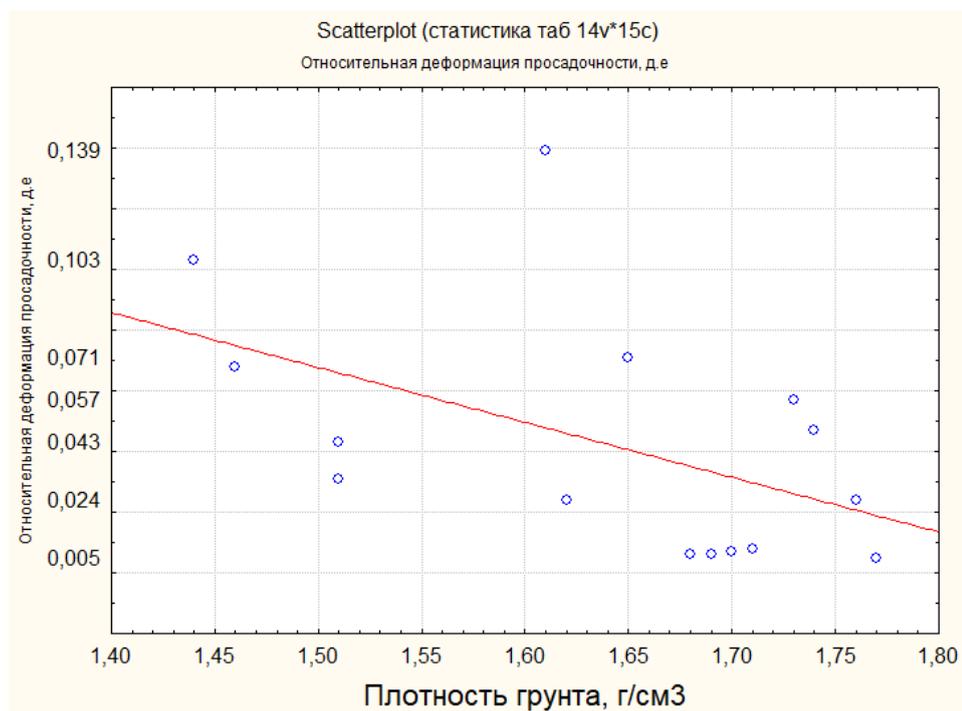


Рисунок 4.6 – График зависимости относительной деформаций просадочности от плотности грунта

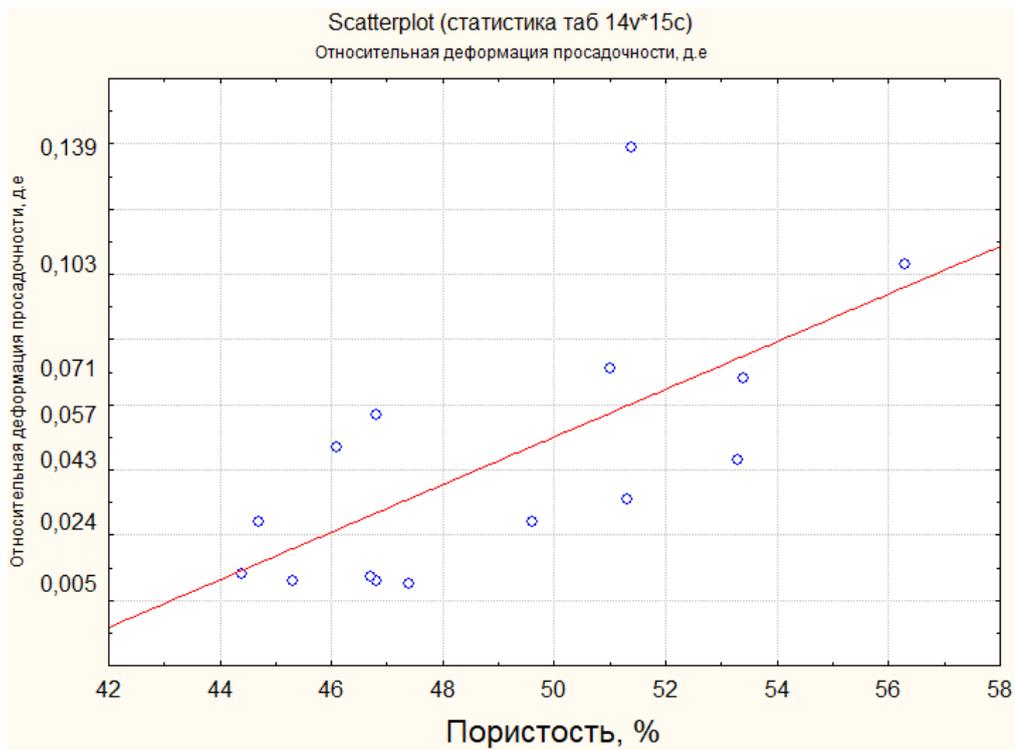


Рисунок 4.7 – График зависимости относительной деформаций просадочности от пористости

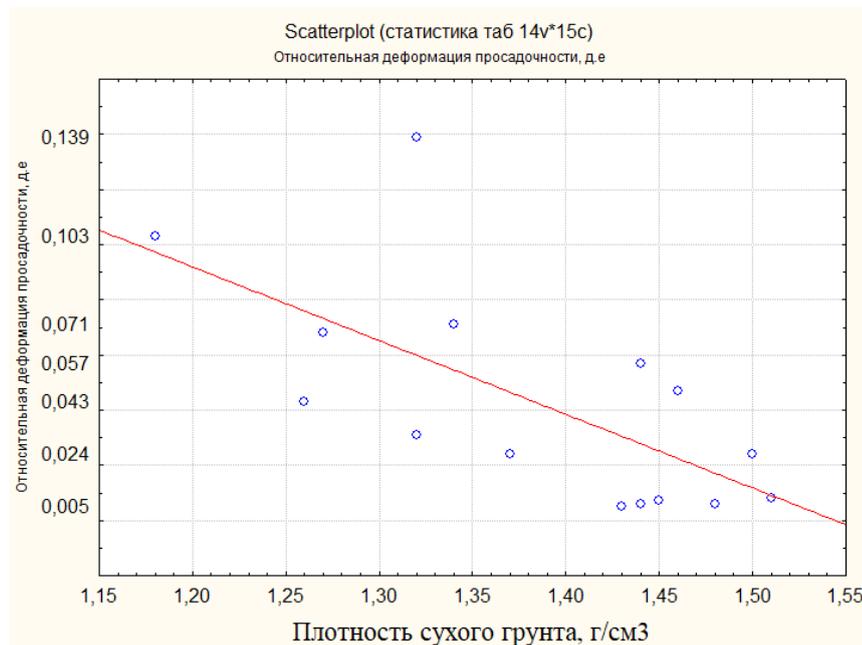


Рисунок 4.8 – График зависимости относительной деформаций просадочности от плотности сухого грунта

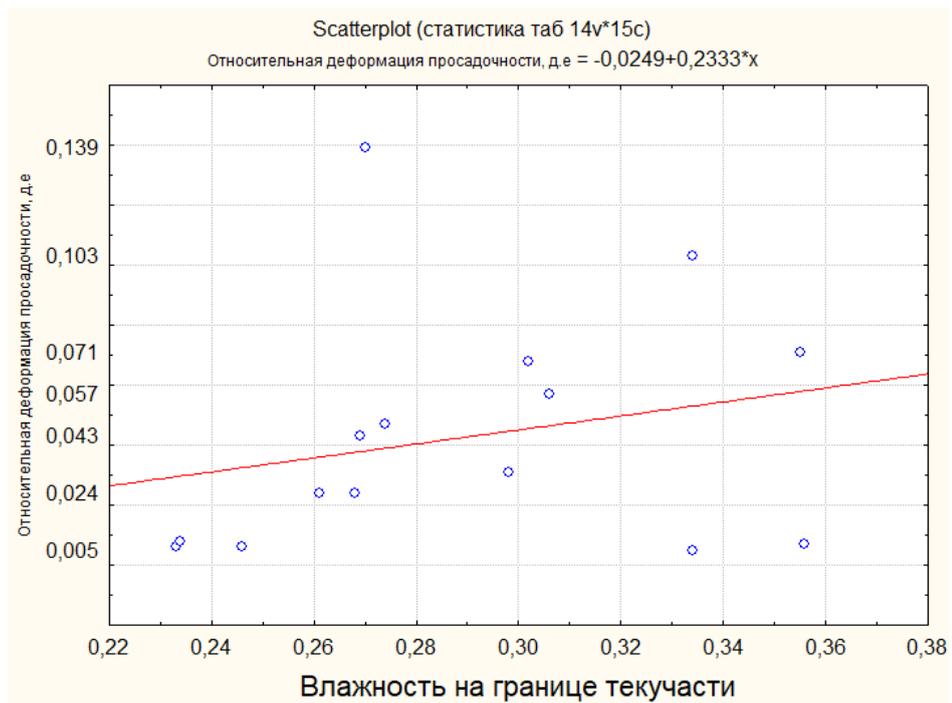


Рисунок 4.9 – График зависимости относительной деформаций просадочности от влажности на границе текучести

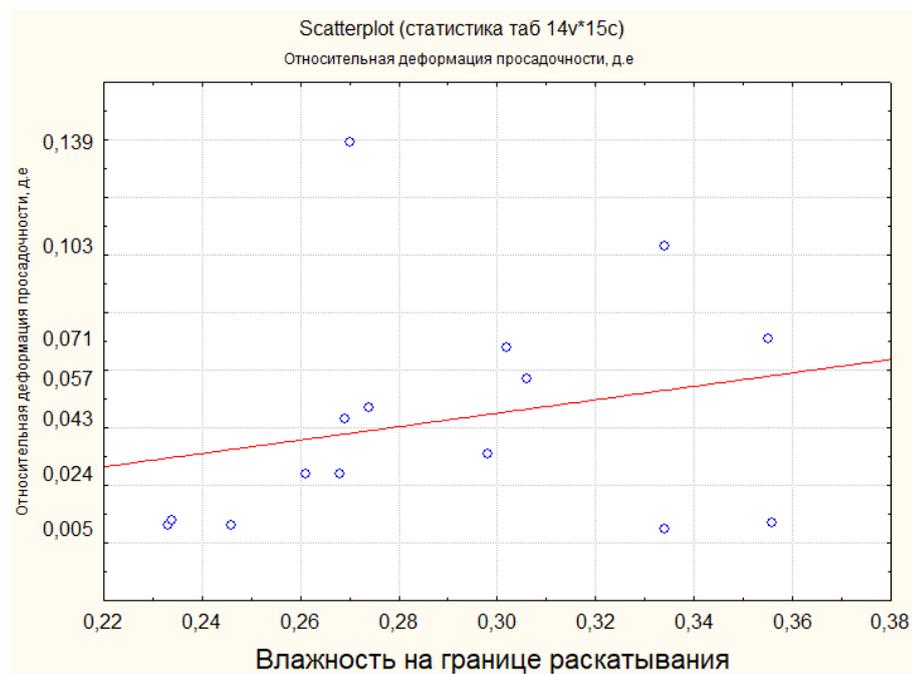


Рисунок 4.10 – График зависимости относительной деформаций просадочности от влажности на границе раскатывания

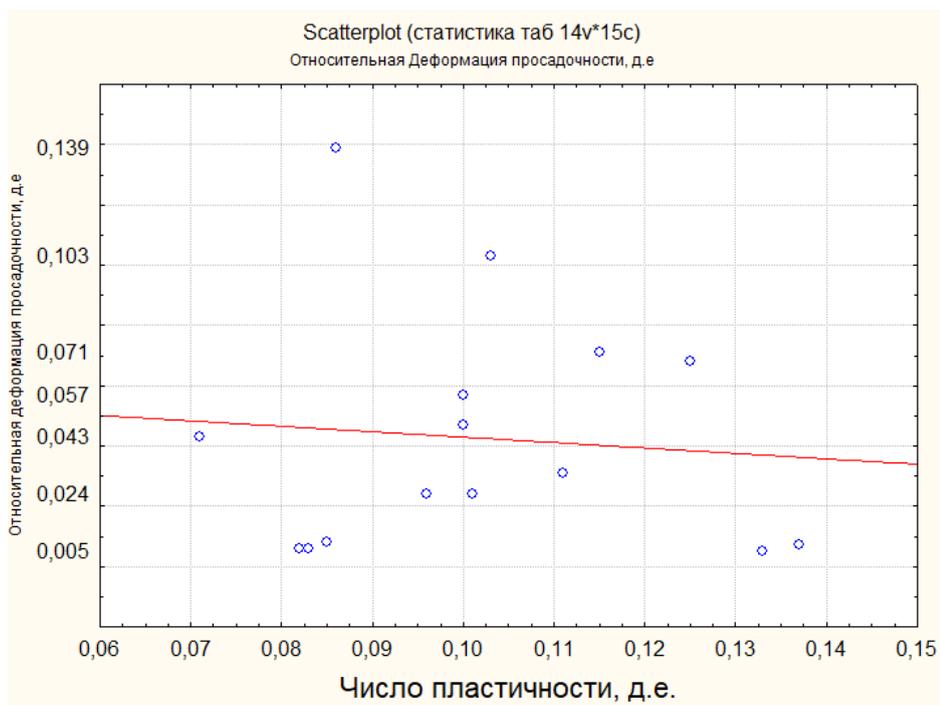


Рисунок 4.11 – График зависимости относительной деформаций проницаемости от числа пластичности

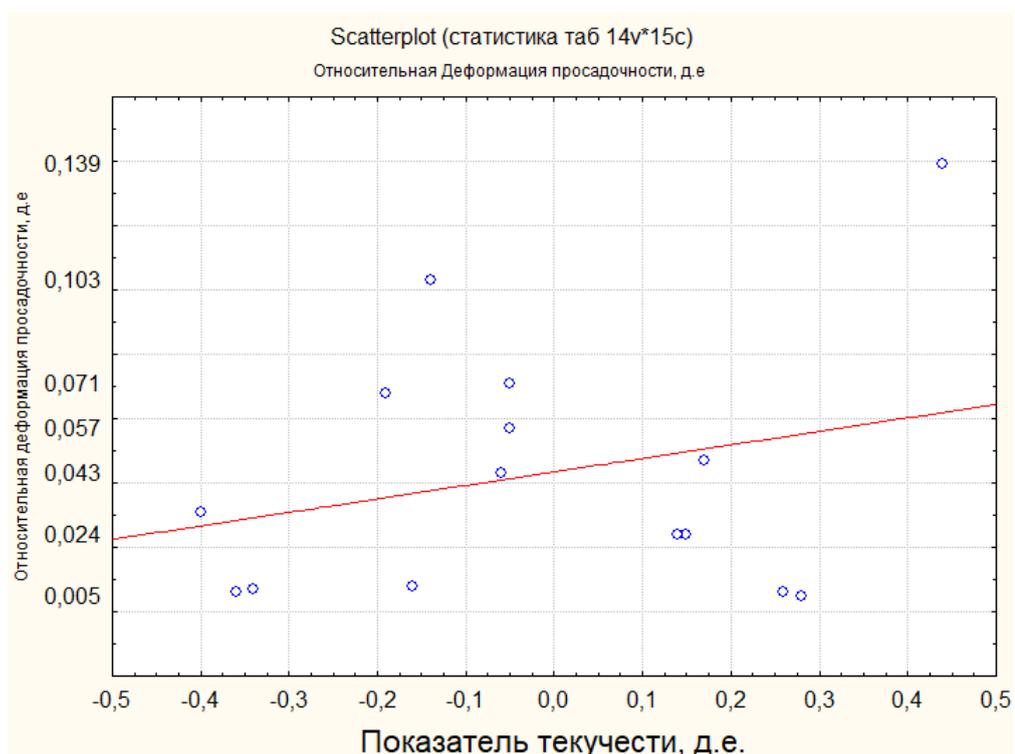


Рисунок 4.12 – График зависимости относительной деформаций проницаемости от показателя текучести

Анализ графиков показал:

- наличие прямой зависимости между пористостью и относительной деформацией просадочности ( $\varepsilon_{sl}$ ) - с увеличением пористости, увеличивается значение относительной деформаций просадочных грунтов,
- наличие обратной зависимости между  $\varepsilon_{sl}$  и плотностью, и плотностью частиц грунта (с увеличением плотности значения относительной деформаций пористости уменьшается).
-

## ГЛАВА 5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЕ ТЕРРИТОРИЙ С РАЗВИТИЕМ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ

Просадочные грунты распространены в пределах зоны аэрации и подвержены дополнительному увлажнению, вследствие которого происходит резкое снижение несущей способности грунтового основания и возможна дополнительная деформация (просадка) от собственного веса или внешней нагрузки. Следовательно, при строительстве объектов требуется применение мероприятий по инженерной подготовке, не допускающих или исключаящих снижение несущей способности грунтов: защита грунтов основания от возможного замачивания, при необходимости устранение просадочных свойств грунтов путем уплотнения или заменой уплотненной грунтовой подушкой, а также прорезка просадочной толщи глубокими фундаментами и ряд конструктивных мероприятий. Выбор мероприятий зависит от типа грунтовых условий по просадочности, вида возможного замачивания, величина расчетной просадки.

Пред строительством на специфических грунтах (просадочных) проводятся инженерно-геодезические, инженерно-геологические, инженерно-гидрометеорологические и инженерно-экологические изыскания, изучаемой территорий, в том числе для специфических грунтов (просадочных) проводятся мероприятия защиты зданий и сооружений [22].

Устойчивость и эксплуатационная пригодность зданий и сооружений, возводимых на лёссовых просадочных породах, должна обеспечиваться следующими основными мероприятиями:

- 1) предохранением лёссовых пород от замачивания;
- 2) прорезкой лёссовых пород глубокими фундаментами;
- 3) устранением просадочных свойств лёссовых пород;
- 4) применением конструкций зданий и сооружений, малочувствительных к неравномерным просадкам.

Для предохранения лёссовых пород от замачивания применяют:

а) планировку строительной площадки и отвод с нее дождевых и талых вод нагорными и водоотводными канавами. Главная цель этого мероприятия состоит в быстром отводе поверхностных вод со строительной площадки, недопущении их скопления на ней и в защите ее от вод, стекающих к ней с более высоких элементов рельефа;

б) устройство изоляционных покрытий как вокруг зданий и сооружений, так и внутри их, а также по днищам и откосам канав, каналов, отстойников и других сооружений для предупреждения инфильтрации поверхностных и производственных вод в толщу лёссовых пород и их замачивания в основании зданий и сооружений и в зоне, к ним прилегающей;

в) прокладку водопроводной, паропроводной, канализационной сетей и других инженерных коммуникаций, транспортирующих воду, в водонепроницаемых лотках для предупреждения утечки воды и увлажнения лёссовых пород в зоне сооружений;

г) компоновку зданий, сооружений и подземных коммуникаций, при которой утечки воды из них не влияли бы на устойчивость соседних сооружений. При этом особое внимание обращают на расположение зданий и сооружений, связанных с водным технологическим процессом.

Прорезка просадочных лёссовых пород глубокими фундаментами применяется с целью передачи нагрузки от зданий и сооружений на нижележащие непросадочные породы. Прорезка может быть полной или частичной (только сильно просадочных пород) глубокими фундаментами или сваями. Частичная прорезка допускается в тех случаях, когда оставляемая часть лёссовых пород не вызовет просадки, опасной для устойчивости и сохранности сооружений.

Для устранения просадочных свойств лёссовых пород при их подготовке как основания сооружений наиболее часто применяют следующие методы:

- а) уплотнение грунтовыми сваями, трамбованием, взрывами;
- б) термическое закрепление пород;

- в) однородную силикатизацию пород;
- г) частичную замену просадочной породы непросадочной путем устройства грунтовых или бетонных подушек;
- д) предварительное замачивание пород и соответственно их доуплотнение до строительства сооружения.

Описание методов искусственного улучшения свойств лёссовых пород приведено в ряде работ [4, 27, 22].

Из конструктивных мероприятий для обеспечения устойчивости и сохранности зданий и сооружений применяют такие, которые снижают их чувствительность к неравномерным просадкам:

- а) разрезку сооружений на части осадочными швами;
- б) придание жесткости отдельным частям сооружения дополнительным армированием, устройством железобетонных поясов по цоколю фундаментов и по междуэтажным перекрытиям и др.;
- в) уменьшение удельной нагрузки на подошву фундаментов путем увеличения их опорной площади и др.

## ГЛАВА 6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### 6.1 Введение

Выпускная квалификационная работа направлена на изучение просадочных свойств грунтов микрорайона Солонцы (г.Красноярск). В административном отношении проектируемая территория размещения жилого района «Солонцы-2» относится к Центральному району г. Красноярска, площадь в границах проектирования составляет 692.6 га.

С западной стороны территория граничит с пос. Солонцы, с южной ограничена Северным шоссе, являющимся федеральной трассой М-53 «Байкал» и коммунальной зоной железнодорожной магистрали, на востоке и северо-востоке граница проходит вдоль санитарно-защитной зоны кладбища «Бадалык»

Задача изысканий заключалась в обзорном (масштаб инженерно-геологической съемки 1:5000) изучении инженерно-геологических условий территории размещения объектов жилого района «Солонцы-2», а именно: физико-географических и техногенных условий, геологического строения, установлении состава, состояния, физико-механических свойств грунтов основания фундаментов, выявлении грунтов, обладающих специфическими свойствами (просадочных, набухающих, насыпных, заторфованных, иловатых, элювиальных и др.), а также гидрогеологических условий.

Целью исследований являлось получение данных, необходимых для оценки природно-техногенных условий территории предполагаемого строительства и разработки проекта планировки территории жилого района «Солонцы-2», для обоснования компоновки и выбора этажности зданий и сооружений, объемно-планировочных решений, инженерной и транспортной инфраструктур, мероприятий по охране окружающей среды.

## **6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.**

Инженерно-геологические изыскания на объекте работ выполняются в соответствии с «Правилами техники безопасности при геологоразведочных работах» и организационнотехническим предписанием по охране труда и технике безопасности, а также в соответствии с требованиями СНиП 12-03-2001 Часть 1, СНиП 12-04-2002 Часть 2.

К выполнению буровых работ допускаются лица, возраст которых соответствует установленному законодательством, прошедшие медицинский осмотр в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, имеющие соответствующую квалификацию и допущенные к самостоятельной работе в установленном порядке. Перед допуском к самостоятельной работе рабочий проходит стажировку в течение 2-14 смен (в зависимости от характера работы, квалификации работника) под руководством специально назначенного лица. Каждый рабочий должен быть проинструктирован по безопасности труда.

Рабочее время - время, в течение которого работник в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и условиями трудового договора должен исполнять трудовые обязанности, а также иные периоды времени, которые в соответствии с Трудовым кодексом РФ [29], другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации относятся к рабочему времени. Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Работодатель обязан вести учет времени, фактически отработанного каждым работником.

В целях обеспечения защиты персональных данных, хранящихся у работодателя, работники имеют право по трудовому кодексу N 197-ФЗ /СТ. 89 ТК РФ на:

- полную информацию об их персональных данных и обработке этих данных;

- свободный бесплатный доступ к своим персональным данным, включая право на получение копий любой записи, содержащей персональные данные работника, за исключением случаев, предусмотренных федеральным законом;
- определение своих представителей для защиты своих персональных данных;
- доступ к медицинской документации, отражающей состояние их здоровья, с помощью медицинского работника по их выбору;
- требование об исключении или исправлении неверных или неполных персональных данных, а также данных, обработанных с нарушением требований настоящего Кодекса или иного федерального закона. При отказе работодателя исключить или исправить персональные данные работника он имеет право заявить в письменной форме работодателю о своем несогласии с соответствующим обоснованием такого несогласия. Персональные данные оценочного характера работник имеет право дополнить заявлением, выражающим его собственную точку зрения;
- обжалование в суд любых неправомерных действий или бездействия работодателя при обработке и защите его персональных данных.

*Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.*

Основным объектом в производственных условиях является рабочее место. Согласно ГОСТ 12.2.033-78 [49] 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

### 6.3 Производственная безопасность

Все рабочие перед выездом на полевые работы сдают экзамены по технике безопасности. Не сдавшие экзамены к полевым работам не допускаются. Рабочие, принимаемые на полевые работы, также проходят курс обучения и получают инструктаж по технике безопасности (вводный и на рабочем месте). Обучение и инструктаж фиксируются в специальном журнале.

Повторный инструктаж рабочих проводится не реже одного раза в квартал. Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса. Это воздействие зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, длительность воздействия данного фактора.

Анализ опасных и вредных факторов приведен согласно ГОСТ 12.0.003-2015 и представлен в таблице 1. Все предусмотренные проектом работы выполняются в соответствии с техническим заданием и план-графиком мероприятий.

Таблица 5.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы.

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные Документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;[50] Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по

микроклимата				гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса.[34]
2.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	-	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение; [51] СП52.13330.2016 естественное и искусственное освещения. [51]
3.Физические перегрузки организма работающего	+	+	+	ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности; [51]"Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых", утверждены
4.Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования	+	+	+	ГОСТ 12.2.003-91 — Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. [38]
5. Утечки токсичных и вредных веществ в рабочую зону	-	-	+	СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.[50]
6. Повышенный уровень шума и вибрации	+	-	+	ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда ШУМ Общие требования безопасности.[32]

## 6.4 Анализ вредных и производственных факторов

*Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе.*

При работе в открытом местности для рекреационных целей обустраиваются навесы, палатки, землянки. Одежда работников в летний период легкая и свободная, изготавливаться преимущественно из натуральных тканей. В зимний период работников также обеспечиваются теплой спецодеждой (ватные штаны, ватная куртка, валенки, рукавицы и т.д.).

Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на самочувствие человека. Неблагоприятные метеорологические условия приводят к быстрой утомляемости, повышают заболеваемость и снижают производительность труда.

Рабочая бригада укомплектована дождевиками из непромокаемых материалов на случай выпадения небольшого количества осадков, не влияющих критически на проводимые работы. Во время сильных ливней работы приостанавливаются до восстановления благоприятных погодных условий.

#### *Отклонение показателей микроклимата помещений*

Согласно ГОСТ 12.4.002-97 [36], микроклимат производственных помещений – это метеорологические условия внутренней среды этих помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения.

Для обеспечения нормального теплообмена между организмом человека и окружающей средой установлены нормативные параметры микроклимата. При отклонении фактических параметров от нормативных происходит нарушение теплообмена, терморегуляции и связанных с ними многих функций организма, что приводит к возникновению ряда заболеваний.

Таблица 5.2 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений.

Период года	Категория Работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха °С		Температура поверхностей °С	Относительная влажность воздуха. %	Скорость движение воздуха м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia (до 139)	20,0 - 21,9	24,1 - 25,0	19,0 - 26,0	15 - 75*	0,1	0,1
	Iб (140 - 174)	19,0 - 20,9	23,1 - 24,0	18,0 - 25,0	15 - 75	0,1	0,2
	IIa (175 - 232)	17,0 - 18,9	21,1 - 23,0	16,0 - 24,0	15 - 75	0,1	0,3
	IIб (233 - 290)	15,0 - 16,9	19,1 - 22,0	14,0 - 23,0	15 - 75	0,2	0,4
	III (более 290)	13,0 - 15,9	18,1 - 21,0	12,0 - 22,0	15 - 75	0,2	0,4

Теплый	Ia (до 139)	21,0 - 22,9	25,1 - 28,0	20,0 - 29,0	15 - 75*	0,1	0,2
	Iб (140 - 174)	20,0 - 21,9	24,1 - 28,0	19,0 - 29,0	15 - 75*	0,1	0,3
	IIa (175 - 232)	18,0 - 19,9	22,1 - 27,0	17,0 - 28,0	15 - 75*	0,1	0,4
	IIб (233 - 290)	16,0 - 18,9	21,1 - 27,0	15,0 - 28,0	15 - 75*	0,2	0,5
	III (более 290)	15,0 - 17,9	20,1 - 26,0	14,0 - 27,0	15 - 75*	0,2	0,5
Ia (до 139)	21,0 - 22,9	25,1 - 28,0	20,0 - 29,0	15 - 75*	0,1	0,2	

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.

*Превышение уровней шума и вибрации.*

При разведке полезных ископаемых вибрация и шум имеют крайне широкое распространение (преимущественно при эксплуатации бурового оборудования при проходке скважин).

Шум может создаваться работающим оборудованием: буровыми установками, машинами. Шум ухудшает условия труда и оказывает вредное воздействие на организм человека. Действие шума различно – от повышения утомляемости и затруднений в восприятии речи до необратимых изменений в органах слуха. Предельно допустимые уровни шума регламентируются ГОСТ 12.1.003-2014 [32].

Источником вибрации при производстве инженерно-геологических работ является буровая установка.

Предельно допустимые значения, характеризующие вибрацию, регламентируются ГОСТ 12.1.012-2004 [33]

Таблица 5.3 – Гигиенические нормы уровней виброскорости (ГОСТ12.1.012-2004) [16]

Вид вибрации	Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Технологическая	-	108	99	93	92	92	92	-	-	-	-
Локальная вибрация	-	-	-	115	109	109	109	109	109	109	109
Транспортно	-	108	99	93	92	92	92	-	-	-	-

технологическая вибрация											
-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

### *Тяжесть физического труда.*

По тяжести труда различают несколько классов, характеристики которых приведены в руководстве, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса (Р 2.2.2006-05).

В проект инженерно-геологических изысканий для строительства жилых домов предусматривается бурение скважин глубиной 21 м. Согласно табл. 17 руководства, по большинству показателей тяжести трудового процесса класс условий труда является оптимальным. По показателю б (наклоны корпуса (вынужденные более 30°), количество за смену) – более 51, но менее 100 раз за смену – допустимый класс. [29]

По рабочей позе – класс вредный первой степени (нахождение в позе стоя до 80 % времени смены). По массе поднимаемого и перемещаемого груза вручную постоянно в течении рабочей смены – вредный класс от первой до второй степени (до 20 кг и более 20 кг соответственно).

### *Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования.*

При проведении полевых работ используются буровые установки, трактора и автомобильный транспорт различного назначения, в связи с чем необходимо проводить мероприятия по устранению возможных механических травм. К числу которых относятся: проверка наличия защитных кожухов на движущихся и вращающихся частях машин и механизмов; плановая и внеплановая проверка пусковых и тормозных устройств; проверка состояния оборудования и своевременное устранение дефектов.

### *Утечки токсических и вредных веществ в рабочую зону.*

Лабораторные работы по исследованию грунтов для определения физикомеханических свойств грунтов, по определению их коррозионной активности, а также химический анализ воды ведутся в специально оборудованной лаборатории. На работу в химико-аналитические лаборатории

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. Периодический инструктаж должен проводиться на рабочем месте дважды в год.

Проведение вводного инструктажа, контроль выполнения правил техники безопасности во всей лаборатории и ведение журнала инструктажа осуществляет назначенное начальником лаборатории должностное лицо, в подчинении которого находятся ответственные рабочих помещений.

Проведение химико-аналитических анализов сопровождается выделением в воздушную среду вредных веществ, которые могут вызвать профессиональные заболевания или отклонения в здоровье человека.

*Недостаточная освещенность рабочей зоны.*

Освещенность – один из важнейших параметров, обеспечивающий комфортные условия, повышающий эффективность и безопасность труда, снижающий утомляемость, сохраняющий высокую работоспособность.

Согласно санитарным правилам и нормам СП 52.13330.2016 различают естественное, искусственное и совмещенное освещение, где освещение рабочих мест внутри помещения характеризуется освещенностью и яркостью. Естественное и искусственное освещение помещений лабораторий должно соответствовать СП 52.13330.2016. [24] При этом естественное освещение должно осуществляться через окна и обеспечивать КЕО (табл. 4).

Наименование помещений	Характеристика зрительной зоны	Размер объекта различения, мм	Нормы КЕО, %	Искусственная освещенность, лк	Тип светильника
Лаборатория и камеральные	Средней точности	0.5-1	4 – верхнее или комбинированное 1.5 - боковое	300	Люминесцентные газозарядные

помещения					лампы (ЛД), для бокового освещения настольные лампы накаливания
-----------	--	--	--	--	--

Для местного освещения рабочих мест следует использовать светильники с непросвечивающими отражателями. Светильники должны располагаться таким образом, чтобы их светящиеся элементы не попадали в поле зрения работающих на освещаемом рабочем месте и на других рабочих местах. Местное освещение рабочих мест, как правило, должно быть оборудовано регуляторами освещения. ГОСТ Р 55710-2013 [7].

### 6.5 Расчет искусственного освещения.

Дано помещение с размерами: длина  $A = 18$  м, ширина  $B = 19$  м, высота  $H = 5.1$  м. Высота рабочей поверхности  $h_{рп} = 0,8$  м. Требуется создать освещенность  $E = 400$  лк. Коэффициент отражения стен  $R_c = 30$  %, потолка  $R_p = 50$  %. Коэффициент запаса  $k = 1,5$ , коэффициент неравномерности  $Z = 1,1$ . Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.[52]

Выбираем светильники типа ОД,  $\lambda = 1,4$ . Приняв  $h_c = 0,7$  м, определяем расчетную высоту.

$$h = H - h_c - h_{рп} = 5.1 - 0,7 - 0,8 = 3.6 \text{ м};$$

$$\text{Расстояние между светильниками: } L = 1,4 \cdot 3.6 = 5.04 \text{ м};$$

$$\text{Расстояние от крайнего ряда светильников до стены: } L/3 = 1,5 \text{ м.}$$

Определяем количество рядов светильников и количество светильников в ряду:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{B - \frac{2}{3}L}{L} + 1 = \frac{19 - \frac{2}{3} \cdot 5.04}{5.04} = 4$$

$$n_{\text{ряд}} = \frac{A - \frac{2}{3}L}{L_{св} + 0.5} + 1 = \frac{18 - \frac{2}{3} \cdot 5.04}{0.933 + 0.5} = 10$$

Размещаем светильники в три ряда. В каждом ряду можно установить 10 светильников типа ОД мощностью 30 Вт (с длиной 0.933 м), при этом разрывы

между светильниками в ряду составят 50 см. Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении  $N = 80$ .

Находим индекс помещения:

$$i = S / h(A+B) = 342 / (3,2(18 + 19)) = 2.8$$

Определяем коэффициент использования светового потока:  $\eta = 0,62$ .

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$\Phi = \frac{E_n * S * K_3 * Z}{N_{л} * \eta} = \frac{400 * 342 * 1,5 * 1.1}{80 * 0,62} = 1749$$

выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛД 30 Вт с потоком 1650 лм.

Делаем проверку выполнения условия:

$$- 10 \% \leq \frac{\Phi_{л.станд} - \Phi_{л.расч}}{\Phi_{л.станд}} * 100\% \leq +20\%$$

$$10 \% \leq \frac{1650 - 1749}{1650} * 100\% \leq +20\%$$

Получаем:  $-10 \% \leq -0,06 \% \leq +20 \%$

Определяем электрическую мощность осветительной установки

$$P = 80 \cdot 30 = 2400 \text{Вт}$$

Вывод. 80 лампы типа ЛД 30 с величиной светового потока равной 1650 лк требуется для создания в данном помещении. Полученные расчеты из формулы укладываться в интервал от  $-10 \%$  до  $+20 \%$ .

## **6.6 Анализ выявленных опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по защите от их воздействия.**

### *Повышенный уровень шума и вибрации*

Для уменьшения шума необходимо устанавливать звукопоглощающие кожухи, применять противозумовые подшипники, глушители, вовремя смазывать трущиеся поверхности, а также использовать средства индивидуальной защиты: наушники, ушные вкладыши. В качестве средств индивидуальной защиты от вибрации применяются рукавицы с прокладкой на ладонной поверхности и обувь на толстой мягкой подошве [32].

### *Тяжесть физического труда*

Для облегчения тяжелого физического труда используется автоматизация, и правильная организация рабочего времени. Проведя анализ вредных факторов, действующих на рабочего в период полевых работ, можно сделать вывод о соответствии рабочего места принятым нормам.

*Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования.*

Для защиты от данных опасных факторов используются коллективные средства защиты – устройства, препятствующие появлению человека в опасной зоне.

ГОСТ 12.2.003-91 [38] ограждения выполняются в виде различных сеток, решеток, экранов и кожухов. Они должны иметь такие размеры и быть установлены таким образом, чтобы в любом случае исключить доступ человека в опасную зону. При устройстве ограждений должны соблюдаться определенные требования. Запрещается работа со снятым или неисправным ограждением.

В качестве профилактических мер планируется систематически производить проверку наличия защитных ограждений на движущихся и вращающихся частях машин и механизмов; плановую и внеплановую проверку пусковых и тормозных устройств; проверку состояния оборудования и своевременное устранение дефектов ГОСТ 12.2.003-91 [38].

При проведении работ по опробованию необходимо соблюдать технику безопасности, так как отбор проб будет осуществляться с помощью специальных инструментов (колонок, шнеков). Основная опасность заключается в том, что, зацепившись телом или одеждой за острую кромку или заусенец инструмента можно получить травму вплоть до смертельного исхода. Основными мерами предосторожности являются: соблюдение всех требований правил техники безопасности при работе с инструментами; соблюдение формы одежды (все пуговицы на одежде должны быть застегнуты, полы одежды не должны болтаться); периодическая проверка технического состояния

используемых при отборе проб инструментов, повышенное внимание на рабочем месте.

#### *Утечки токсических и вредных веществ в рабочую зону*

Мероприятиями для соблюдения норм работы лаборатории является использование средств индивидуальной защиты и обеспечение безопасной концентрации вредных веществ в воздухе. Все работающие в лаборатории должны быть обеспечены необходимой спецодеждой и средствами индивидуальной защиты согласно ПНД Ф 12.13.1-03 «Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях» [21].

Средства индивидуальной защиты:

- При работе в химической лаборатории необходимо надевать халат из хлопчатобумажной ткани.

- Для защиты рук от действия кислот, щелочей, солей, растворителей применяют резиновые перчатки. На перчатках не должно быть порезов, проколов и других повреждений. Надевая перчатки, следует посыпать их изнутри тальком.

- Для защиты глаз применяют очки различных типов, щитки, маски [12].

Для обеспечения поддержания в воздухе безопасной концентрации вредных веществ, здания и помещения лабораторий должны быть устроены и оборудованы в соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами

### **6.7 Экологическая безопасность**

Временное воздействие проектируемых работ на недра связано с проходкой буровых скважин; отбором части добытых горных пород в качестве проб для анализов и технологических испытаний. И, как и прочие производственные виды деятельности человека, наносят вред окружающей среде (таблица 5). При производстве работ выполняются все положения по охране недр, окружающей среды, охране атмосферного воздуха, о животном

мире, об отходах производства и потребления, правила пожарной безопасности и т.д.

Таблица 5.5 – Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при инженерно-геологических работах [47]

Природные ресурсы, компоненты геологической среды	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Почва	Уничтожение и повреждение почвенного слоя	Рекультивация земель
	Загрязнение горюче - смазочными материалами	Сооружение поддонов, отсыпка площадок для стоянки техники
	Загрязнение производственными отходами	Вывоз отходов (свалки, отвалы)
Грунты	Нарушение состояния геологической среды	Ликвидационный тампонаж скважин, геомониторинг
	Нарушение физико-механических свойств горных пород	Мероприятия по укреплению грунтов (цементация, битуминизация, силикатизация)
Атмосферный воздух	Загрязнение атмосферного воздуха при работе оборудования	Установление нормативов предельно допустимых выбросов(ПДВ)загрязняющих веществ в атмосферный воздух

При проведении геологических работ необходимо выполнение следующих правил и мероприятий по охране природы: не допускается разведение костров, за исключением специально оборудованных для этого мест; не допускается загрязнение участка проведения работ; для предотвращения пожаров необходимо строго соблюдать правила пожарной безопасности; установка маслосборников для быстрого удаления ГСМ; ликвидация скважин методом послойной засыпки ствола, извлеченным грунтом с послойной трамбовкой.

По окончании буровых работ должна быть проведена рекультивация, то есть комплекс мероприятий по восстановлению земельных

отводов. Оборудование и железобетонные покрытия демонтируют и вывозят, остатки дизельного топлива и моторного масла сжигают, глинистый раствор вывозят, нарушенный растительно - почвенный покров закрывают дерном и почвенным слоем. Проводят биологическую рекультивацию – озеленение.

Кроме того, при изысканиях необходимо выявлять наличие загрязняющих веществ в геологической среде, опасных для здоровья населения, и осуществлять разработку предложений по утилизации и нейтрализации этих веществ, проводить обследование состояния верхнего слоя грунтов и приводить рекомендации по замене грунтов на отдельных участках территории.

### **6.8 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Работники должны быть подготовлены к проведению работ таким образом, чтобы возникновение аварий, стихийных бедствий не вызвало замешательства и трагических последствий.

В условиях рабочего помещения при работе на ПЭВМ возможно возникновение пожара и поражение электрическим током, при мониторинге возможны несчастные случаи.

В полевых условиях работы чрезвычайные ситуации можно разделить на природные и вызванные по причине нарушением персоналом техники безопасности.

О несчастном случае пострадавший или очевидец обязан немедленно поставить в известность начальника, который должен организовать первую помощь пострадавшему и вызвать врача. 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.

Для камерального этапа характерными чрезвычайными ситуациями могут стать:

- Поражение электрическим током, когда одним из ключевых моментов при оказании первой помощи является немедленное выключение

электрического тока, через поворот рубильника, выключателя, пробки. Далее необходимо отвести электрические провода от пострадавшего, вызвать скорую помощь;

- Пожарная безопасность, которая в здании должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями [30]. Здания должны иметь системы пожарной безопасности, направленные на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара, в том числе их вторичных проявлений. Также в зданиях необходимо предусмотреть технические средства (лестничные клетки, противопожарные стены, лифты, наружные пожарные лестницы, аварийные люки и т.п.), имеющие устойчивость при пожаре и огнестойкость конструкций не менее времени, необходимого для спасения людей при пожаре, и расчетного времени тушения пожара.

Так же можно выделить возможность возникновения ЧС природного характера в регионе проведения работ, к которым относятся низкие температуры воздуха, порывистый сильный ветер, оползень и т.д., действия в которых регламентируются рекомендациями МЧС РФ.

Направление, состав, объем и методика изыскательских работ в оползневых районах определяются следующими обстоятельствами:

- а) особенностями природной обстановки, в частности, типом оползня, степенью его активности, стадией развития оползневого процесса, степенью обнаженности, размерами оползня в плане и по глубине захвата слагающих склон пород, факторами оползнеобразования, сложностью инженерно-геологических и гидрогеологических условий, размерами района (участка);

- б) народнохозяйственным значением защищаемой территории, в частности, характером расположенных или проектируемых на ней зданий и сооружений;

- в) стадией проектирования;

- г) степенью изученности района (участка) исследованиями прежних лет.

Для полевого этапа работ к характерным ЧС можно отнести:

- Пожар, вызванный как самой партией, так и возникший в результате грозового явления.
- Природные катаклизмы: штормовой ветер, грозовой фронт, экстремально низкие/высокие температуры и т.д.
- Повреждения, полученные в результате нарушения техники безопасности при проведении работ и использовании спецтехники. Требования по технике безопасности геологоразведочных работ содержатся в Правилах безопасности утверждённых приказом.

### **6.9 Выводы по разделу**

В рамках выполнения данного раздела ВКР составлено обоснование мероприятий по техносферной и экологической безопасности, возможных ЧС при выполнении комплекса работ по изучению гидрогеологических условий района.

Рассмотрены возможные негативные факторы, влияющие на здоровье работников, принимающих участие в проведении работ на различных её этапах (полевой). Так же предложены меры по снижению негативного воздействия, способы защиты от них.

Так же проведена оценка возможных негативных воздействий на ОС, предложены меры по снижению выделенных видов воздействия через соблюдение предложенных рекомендаций.

Так же проведена оценка возможных негативных воздействий на ОС, предложены меры по снижению выделенных видов воздействия через соблюдение предложенных рекомендаций.

Соблюдение предложенного ряда рекомендаций приведёт к защите ОС, но и позволит избежать наложение штрафных санкций за нарушение природоохранного законодательства.

## **ГЛАВА 7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБУРЕЖЕНИЕ**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

### **7.1 Предпроектный анализ**

Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Целевой рынок –

сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Для данного проекта целевым рынком являются Управление архитектуры администрации города Красноярска, а сегментами будут являться компании АО Красноярскгражданпроект.

## **7.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции 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. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в таблице:

В данном научном исследовании анализируется влияние просадочных грунтов. Предприятия работает на объектах промышленного гражданского строительство.

В табл.1 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические решения в области.

Таблица 7.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности	0,13	5	5	3	0,71	0,44	0,56
2. Точность	0,14	5	4	4	0,75	0,63	0,45
3. Скорость	0,16	4	4	3	0,5	0,4	0,4
4. Технологичность	0,18	5	4	4	0,5	0,5	0,4
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,13	5	4	4	0,7	0,53	0,45

					4		
2. Цена	0,12	4	3	4	0,6 7	0,46	0,38
3. Время	0,14	5	5	4	0,7 2	0,63	0,55
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>33</b>	<b>29</b>	<b>26</b>	<b>4,5 9</b>	<b>3,59</b>	<b>3,19</b>

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, производительностью, а также скоростью разрабатываемого проекта. Однако уязвимость разрабатываемого проекта в том, что требуется больше времени на его выполнение.

### 7.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта (таблица 7,2). Применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Анализ проводится в 3 этапа.

*Первый этап* заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 7.2 – Матрица SWOT-анализа

<p><b>Сильные стороны</b>                  С1. Отсутствие подобного исследования на территории.                  С2. Достаточно высокая точность результатов                  С3. Распространённость и доступность объектов исследования</p>	<p><b>Слабые стороны</b>                  Сл1. Удаленность территории объекта исследования                  Сл2. Погрешность методов анализа                  Сл3. Поломка оборудования</p>
<p><b>Возможности</b>                  В1. Появление дополнительного спроса на разработку.                  В2. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p><b>Угрозы</b>                  У1. Развитие конкуренции                  У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства                  У3. Отсутствие спроса на новые технологии.</p>

*Второй этап* состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 3. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 7.3 – Интерактивная матрица проекта

	Сильные стороны проекта			
		С1.	С2.	С3.
Возможности проекта	В1.	+	+	+
	В2.	+	+	+

	Слабые стороны проекта			
		Сл1.	Сл2.	Сл3.
Возможности проекта	В1.	-	-	-
	В2.	0	-	-

	Сильные стороны проекта			
		С1.	С2.	С3.
Угрозы	У1.	+	+	+
	У2.	-	-	-

Угрозы	Слабые стороны проекта			
		Сл1.	Сл2.	Сл3.
	У1.	-	-	-
У2.	+	0	+	

В рамках *третьего этапа* должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 7.4).

Таблица 7.4 – SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
	С1. Отсутствие подобного исследования на территории. С2. Достаточно высокая точность результатов С3. Распространённость и доступность объектов исследования	Сл1. Удаленность территории объекта исследования Сл2. Погрешность методов анализа Сл3. Поломка оборудования
<b>Возможности</b> В1. Появление дополнительного спроса на разработку. В2. Повышение стоимости конкурентных разработок.	Быстрое продвижение исследования в связи с преимуществами данного исследования; Дополнительный спрос может появиться за счет универсальности исследования.	Проверка результатов, отправлять пробы на внешний и внутренний контроль.
<b>Угрозы</b> У1. Развитие конкуренции У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства У3. Отсутствие спроса на новые технологии.	Создание конкурентоспособного проекта.	Из-за относительной длительности анализа могут возникнуть проблемы с продвижением данного исследования.

#### 7.4 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 заполнена специальную форму, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таблица 5).

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.

Таблица 7.5 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	2	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	4
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	4
11.	Проработаны вопросы	2	2

	международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок		
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	2	3
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	34	45

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 перспективной, а уровень имеющихся знаний у разработчика выше среднего.

По результатам оценки выделяются слабые стороны исследования, дальнейшего улучшения необходимо провести маркетинговые исследования рынков сбыта, разработать бизнес-план коммерциализации научной разработки проработать вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок.

Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для коммерциализации результатов, проведенного исследования будут использоваться следующие методы: инжиниринг и передача интеллектуальной собственности.

Инжиниринг будет предполагать предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика.

Передача интеллектуальной собственности будет производиться в уставной капитал предприятия или государства.

Данные методы коммерциализации будут наиболее продуктивными в отношении данного проекта.

#### Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта (таблица 7.6).

Таблица 7.6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
АО Красноярскгражданпроект	проектирование и строительство новых зданий и сооружений.

В таблице 7.7 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 7.7 – Цели и результат проекта

<b>Цели проекта:</b>	Целью исследований являлось получение данных, необходимых для оценки природно-техногенных условий территории предполагаемого строительства и разработки проекта планировки территории жилого района «Солонцы-2», для обоснования компоновки и выбора этажности зданий и сооружений, объемно-планировочных решений, инженерной и транспортной инфраструктур, мероприятий по охране окружающей среды.
----------------------	---

<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Выявление возможных опасных процессов
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Выявит специфические грунты.
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Бурение скважин, отбор проб, проведение полевых и лабораторных исследований, а также камеральную обработку материалов.
	Подготовить пробы для анализа в лаборатории, отдать пробы на анализ;
	Провести обработку полученных данных;
	Оценить просадочные свойства грунтов, выявить зависимость относительной деформации просадочности от состава и свойств просадочных грунтов

В таблице 7.8 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 7.8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1.	Бракоренко Н.Н., доцент, к. г. -м. н ОГ ИШПР	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	85
2.	Исупова Убайдуллаев Н.Г магистрант ОГ ИШПР	Исполнитель по проекту	Выполнение ВКР	490
ИТОГО:				575

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (таблица 7.9).

Таблица 7.9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	148365,35

3.1.1. Источник финансирования	АО Красноярскгражданпроект
3.2. Сроки проекта:	01.06.2020-01.04.2021
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.09.2020
3.2.2. Дата завершения проекта	01.05.2021

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

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

### **6.4.1 Иерархическая структура работ проекта**

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 7,1).



Рисунок 7.1 – Иерархическая структура работ

### 7.5 План проект

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (таблица 6.10, 6.11).

Таблица 7.10– Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
6	Исследование гидрогеологических условий	5	17.04.2021	23.04.2021	Убайдуллаев Н.Г.
7	Исследование тектоники	3	24.04.2021	27.04.2021	Убайдуллаев Н.Г.
8	Исследование геологических и инженерно-геологических процессов и явлений	3	25.04.2021	28.04.2021	Убайдуллаев Н.Г.
9	Обработка полученных данных, построение итоговой карты	2	29.05.2021	1.05.2021	Убайдуллаев Н.Г.

10	Работа над разделом «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	12	2.05.2021	11.05.2021	Убайдуллаев, Рыжакина Т.Г.
11	Обсуждение результатов и выводов поработе (предзащита)	1	12.05.2021.	12.05.2021	Строкова Л.А., Савичев О.Г., Пасечник Е.Ю., Кузеванов К.И.
12	Работа над разделом «Социальная ответственность»	7	13.05.2021	20.05.2021	Убайдуллаев, Пашкова Е.Н.
13	Подготовка литературного обзора, Теоретической и практической части работы	10	21.05.2021	31.05.2021	Бракоренко Н.Н
Итого:		91	1.03.2021	31.05.2021	

Таблица 7.11 – Календарный план график проведения НИОКР по теме

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Т.к. календарн.	Продолжительность выполнения работ											
				март			апрель			май					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Составление технического задания	Руководитель	4	////											
2	Изучение литературы	Инженер	13												
3	Выбор направления исследования	Руководитель, Инженер	4		■										
4	Начало исследования, изучение рельефа, написание статьи	Инженер	19			■	■								
5	Исследование геологических условий	Инженер	7					■							

6	Исследование гидрогеологических условий	Инженер	5									
7	Исследование тектоники	Инженер	3									
8	Исследование геологических и инженерно-геологических процессов и явлений	Инженер	3									
9	Обработка полученных данных, построение итоговой карты	Инженер	2									
10	Работа над разделом «Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение»	Инженер	1 2									
11	Обсуждение результатов и выводов по работе (предзащита)	Руководитель, Инженер	1									
12	Работа над разделом «Социальная ответственность»	Инженер	7									
1 3	Подготовка литературного обзора, Теоретической и практической части работы	Инженер	1 0									



- Инженер



- Руководитель

## 7.2 Бюджет научного исследования

### 7.2.1 Сырье и материалы

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, необходимых для выполнения работы. Данные сведены в таблицу 12.

Таблица 7.12 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Краска для принтера	-	1	500	500,00
Бумага для принтера	формат А4, пачка	2	350	700,00
Карандаш		4	50	200,00
Всего за материалы				1400,00
Транспортно-заготовительные расходы (5%)				70,00
<i>Итого по статье</i>				1470,00

### 7.2.2 Специальное оборудование для выполнения работ

В данную статью включаются все затраты, связанные с приобретением оборудования (устройств и механизмов), необходимого для проведения работ. Для выполнения проекта специальной закупки оборудования не проводилось, поэтому стоимость оборудования, используемого при выполнении работы и имеющегося в организации, учитывается в виде амортизационных отчислений.

Таблица 7.13 – Специальное оборудование для выполнения работ.

Наименование оборудования	Кол-во единиц	Первоначальная стоимость оборудования С, руб.	Срок полезного использования оборудования(СПИ), год	Кол-во дней использования, дн.	Общая стоимость (амортизация), руб.
Компьютер	1	60 000	5	91	3033,33
Программное обеспечение AutoCAD	1	34 000	3	13	409,26

Программное обеспечение Статистика	1	70000	3	4 9	3132,4 2
Итого		133400			<b>6575,0</b> <b>1</b>

### 7.2.3 Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где  $Z_{осн}$  - основная заработная плата;

$Z_{доп}$  - дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_{раб}$$

где  $Z_{осн}$  - основная заработная плата одного работника;

$T_{раб}$  - продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 11);

$Z_{дн}$  - среднедневная заработная плата работника,  
 руб. Среднедневная заработная плата  
 рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м*М}}{F_{д}}$$

где  $Z_{м}$  - месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  - количество месяцев работы без отпуска в течение года: при  
 отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{д}$  - действительный годовой фонд рабочего  
 времени научно-технического персонала, раб. дн.  
 (таблб. 7.14).

Таблица 7.14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководите ль	Инже нер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{м} = Z_{б} * (K_{пр} + K_{д}) * K_{р}$$

где  $Z_{б}$  - базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$  - премиальный коэффициент, (определяется Положением  
 об оплатетруда);

$k_d$  - коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях - расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_p$  - районный коэффициент, равный 1,3  
(для Томска).

Таким образом, основная заработная плата  
для:

$$\begin{aligned}
 & \text{1. Руководитель} \\
 & Z_{\text{дн}} = \frac{38350 * 10,4}{251} = 1589 \text{ руб} \\
 & Z_{\text{осн}} = 1589 * 9 = 14301 \text{ руб} \\
 & \text{2. Исполнитель} \\
 & Z_{\text{дн}} = \frac{17863 * 10,4}{251} = 740,1 \text{ руб} \\
 & Z_{\text{осн}} = 740,1 * 91 = 67349,1 \text{ руб}
 \end{aligned}$$

Таблица 7.15 – Расчёт основной заработной платы.

Исполнители	З б, р у б.	$k_p$ р	$k_d$ д	$k_p$ р	З м, р у б.	З дн, р у б.	$T_p$ раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$ р у б.
Руководитель	287 77	-	-	1 , 3	383 50	15 89	9	1430 1
Инженер	126 64	-	-	1 , 3	178 63	74 0.1	91	6724 9,1

#### 7.2.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем - 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

1. Руководитель:  $14301 \cdot 0,1 = 1430,1$  руб.
2. Исполнитель:  $67249 \cdot 0,1 = 6724,9$

В табл. 7.16 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной

платы.

Таблица 7.16 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	14301	67249,1
Дополнительная зарплата	1430	6724,9
Зарплата исполнителя	15731	73974
Итого по статье С <sub>зп</sub>	89705	

### 7.2.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Тарифы страховых взносов 2021 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 Налогового Кодекса Российской Федерации (глава 34). Взносы по «травматизму» регламентируются нормами Закона от 24.07.1998 г. № 125-ФЗ, при этом тарифы

по страхованию от несчастных случаев ежегодно пересматриваются и утверждаются отдельным законом. На период с 2018 по 2021 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 НК РФ, касающиеся страховых взносов. Размеры страховых взносов представим в таблице 7.17

Таблица 7.17 – Размер страховых отчислений во внебюджетные фонды

<i>Тип страховых взносов</i>	<i>Ставка</i>
ПФР	22
ФСС	2,9
ФФОМС	5,1
ФСС	0,2
<b>Итого:</b>	<b>30,2</b>

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

$$C_{\text{внеб}} = C_{\text{зп}} * 0,302 = 89705 * 0,302 = 27090,91 \text{ руб}$$

### 7.2.6 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление, хозяйственное обслуживание, ремонт оборудования, аренду помещений и т.д. Обычно накладные расходы для научных проектов составляют примерно 15-20% от суммы основной и дополнительной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по рассматриваемой теме. В данном случае накладные приняты в размере 16% и составляют  $89705 \text{ руб} \cdot 0,16 = 14352,8$  рублей.

### 7.2.7 Капиталовложения по видам работ

Для определения капиталовложений по видам работ внесем полученные данные в таблицу 7.18

Таблица 7.18 – Объемы капиталовложений по видам работ

<b>№</b>	<b>Статья затрат</b>	<b>Затраты, руб</b>
<b>п</b>		

/		.
п		
1	Сырье, материалы	1 470,00
2	Специальное оборудование для выполнения работ (амортизация), руб.	133400
3	Основная заработная плата, руб.	89705
4	Отчисления во внебюджетные фонды (30,2%), руб.	27090, 91
5	Накладные расходы (16% от п. 3), руб.	14352, 8
6	<b>Итого капиталовложений, руб.</b>	<b>266018, 71</b>

## 7.2.8 Реестр рисков проекта

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

Информацию по рискам представим в виде таблицы 7.19

Таблица 6719 – Реестр рисков

<i>Риск</i>	<i>Потенциальное воздействие</i>	<i>Вер-ть наступления (1-5)</i>	<i>Вл и-е риска (1-5)</i>	<i>Уровень риска</i>	<i>Способы смягчения</i>	<i>Условия наступления</i>
Изменение законодательства в части технических требований к результату работ	Временная потеря заказов	3	4	средний	Мониторинг изменений в законодательстве	Принятие нового технического регламента
Повышение стоимости специализированного программного обеспечения	Незапланированные издержки	4	3	средний	Формирование финансовых резервов. Заключение договора с банком о льготном кредитовании	Повышение стоимости ПО в одностороннем порядке

«Текучка» кадров	Срыв сроков выполнения работ. Снижение качества результата работ	4	5	высокий	Разработка программы профессионального роста. Поддержка молодых специалистов	Низкая заработная плата. Отсутствие перспектив в проф. развитии
Снижение цены продукции из-за роста конкуренции	Снижение рентабельности, прибыли	4	5	высокий	Проведение маркетинговых исследований. Программа лояльности к постоянным клиентам	Увеличение количества фирм-конкурентов. Снижение рыночной цены продукции
Наложение одних объектов на другие при планировании работ	Срыв сроков выполнения работ. Снижение качества результата работ	4	4	высокий	Система планирования работ, мониторинг контрольных точек проектов. Система стимулирования сотрудников за досрочное выполнение работ	Большой объем заказов

### 7.3. 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 учитываются 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:

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

где: ЧДП<sub>опt</sub> – 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 6.20. При расчете рентабельность проекта составляла 20 %, амортизационные отчисления 10 %.  $Ag = C_{перв} * Na / 100$

Таблица 7.20 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	399028,0	399028,0	399028,0	399028,0
2	Итого приток, руб.	0	399028,0	399028,0	399028,0	399028,0
3	Инвестиционные издержки, руб.	- 266018,71	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб.	0	139193,72	139193,72	139193,72	139193,72
5	Налогооблагаемая прибыль(1-4)	0	259834,28	259834,28	259834,28	259834,28
6	Налоги 20 %, руб.(5*20%)	0	51966,85	51966,85	51966,85	51966,85

7	Итого отток, руб.	266018,71	191160,57	191160,57	191160,57	191160,57
8	Чистая прибыль, руб.(5-6)	0	207897,43	207897,43	207897,43	207897,43
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.(чистая прибыль+амортизация)	- 266018,71	214472,44	214472,44	214472,44	214472,44
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)	- 266018,71	<b>178655,54</b>	<b>148843,87</b>	<b>123965,07</b>	<b>103375,71</b>
12	$\sum$ ЧДД		<b>554840,19</b>			
12	Итого NPV, руб.		288821,48			

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где:  $i$  – ставка дисконтирования, 20 %;

$t$  – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 288821,48 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:

$$PI = \frac{554840,19}{266018,71} = 2,0$$

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 7.21 и на рисунке 2.

Таблица 7.21 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-266018,71	<b>178655,54</b>	<b>148843,87</b>	<b>123965,07</b>	<b>103375,71</b>	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	<b>0,909</b>	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	-266018,7	194955,448	177154	161069	146484,677	413644,5
	0,2	-266018,7	178655,543	148844	123965	103375,716	288821,5
	0,3	-266018,7	164929,306	126968	97585	75065,354	198528,6
	0,4	-266018,7	153133,322	109381	78068	55762,8344	130326,4
	0,5	-266018,7	143053,117	95225,8	63269,4	42465,5431	77995,08
	0,6	-266018,7	134045,275	83644,3	52331,3	32814,2833	36816,38
	0,7	-266018,7	126109,795	71848,3	43537,9	24020,9133	-501,8293
	0,8	-266018,7	119246,677	66272	36674,8	20374,8818	-23450,38

	0,9	-266018,7	112812,503	59408,9	31313	16514,3779	- 45969,99
	1,0	-266018,7	107236,22	53618,1	26809,1	13297,2913	- 65058,03

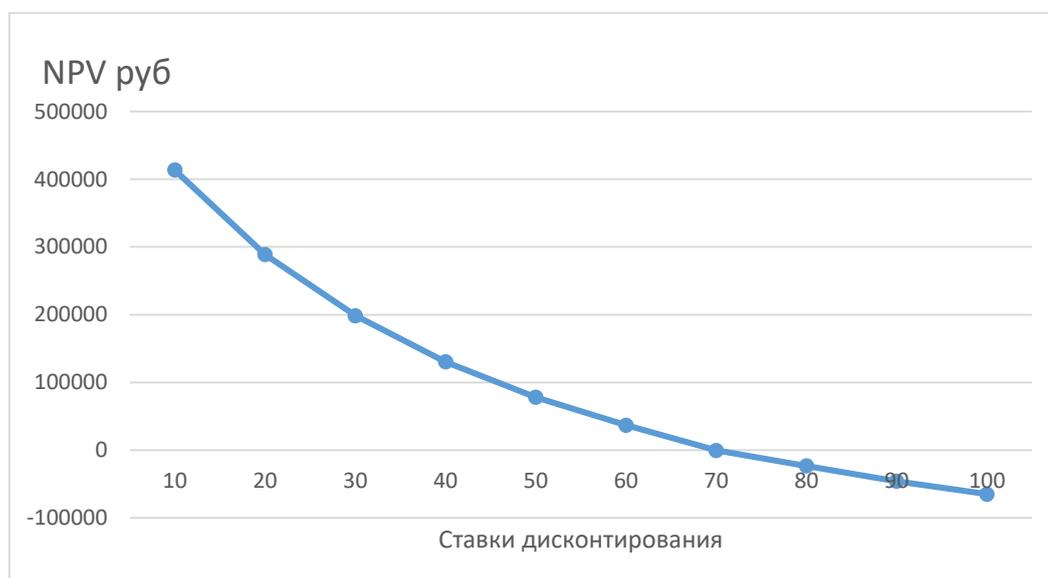


Рисунок 6.2 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

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 0,70.

Запас экономической прочности проекта:  $70\% - 20\% = 50\%$

*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 7.22).

Таблица 7.22 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ( $i=0,20$ ), руб.	-266018,71	178655,54	148843,87	123965,07	103375,71
2	То же нарастающим итогом, руб.	-266018,71	- 87363,1 7	61480,7	185445,77	288821,48
3	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{дск} = 1 + (87363,17 / 148843,87) = 1,6$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 7.23).

Таблица 7.23 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие информации об элементном составе природных объектов на территории рудопроявления	Впервые получены данные об элементном составе и количественных составляющих у природных объектах
Нехватка обширных и достоверных данных об аномалиях золота и сопутствующих элементах в природных объектах на территории рудопроявления	Обобщены и структурированы данные о об аномалиях в природных объектах на территории рудопроявления

### 7.3.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу

расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где:  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где:  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (таблице 7.24).

Таблица 7.24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход продукта)	0,20	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	3	3
3. Надежность	0,15	4	4	3
4. Безопасность	0,15	5	3	3
5. Простота эксплуатации	0,15	5	4	5
6. Возможность автоматизации данных	0,20	5	3	4
Итого	1	29	21	22

$$I_m^p = 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,8$$

$$I_1^A = 4 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 = 3,8$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 = 3,7$$

Интегральный показатель эффективности разработки  $I_{финр}^p$  и аналога  $I_{финр}^a$  определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{ф}^p}; I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_{ф}^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a}$$

где:  $\mathcal{E}_{ср}$  – сравнительная эффективность проекта;

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

$I_{финр}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 7.24.

Таблица 7.24 – Сравнительная эффективность разработки [53].

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,82	1	0,16
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	3,8	3,7
3	Интегральный показатель эффективности	7,38	4,63	4,32
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,59	1,68	1,42

### 7.3.2 Выводы

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 288821,48 руб.; индекс доходности  $PI=2,0$ , внутренняя ставка доходности  $IRR=70\%$ , срок окупаемости  $PP_{дск}=1,6$  года.

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

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе проведена оценка просадочности грунтов микрорайона солонцы.

В ходе работы был сделан обзор, анализ и оценка ранее приведённых изысканий на данной территории, на основе которых дана детальная характеристика природных условий исследуемой территории, инженерно-геологических условий территории.

Была проведена оценка просадочных свойств грунтов на территории микрорайона, включающая статическую обработку фактического материала.

Особое внимание уделялось оценке типов грунтовых условий по прасадочности,

На основе расчета которых была построена карта районирования территорий микрорайона Солонцы.

В заключение дана рекомендация по защите территорий с развититом просадочных грунтов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В.Л. Ломтадзе. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. 1977 г.
2. Абелев Ю.М. Временная по проектированию и возведению и гражданских сооружений на лёссовидных грунтах. Строительство промышленности. № 7, 1931.
3. Соколов В.Н. Проблема лёсса. Соросовский образовательный журнал №9, 1996.
4. Н.Я. Денисов. Строительные свойства лесса и лёссовидных суглинков. Москва – 1953г.
5. Пышкин В.А. Совхоз Пахта Арал (осадки грунтов на каналах в Северо-западе части Голодной степи) Вестник ирригаций.
6. Хеладзе И.Е. Явление образование трещин и осадки грунтов вдоль оросительных каналов, труды 2 Всесоюзного гидрологического съезда.
7. Гвоздев В.С. Просадки Мало Кабардинском оросительной системе, Известия государственного научно мелиорационного института вып. 21,1930.
8. Михеев Б.И. О причинах разрушение зданий на территорий грозненских промыслов.
9. Лисицын К.И. О прсадочных явлений на Северном Кавказе. Тезисы доклада на 1 все Всесоюзного гидрологического съезда 1931.
10. Лисицын К.И. О деформаций суглинистых грунтов Предкавказья в связи с вопросом об образование степных блюдеч. Новочеркасск 1932.
11. Гресеванов Н.М, Конференция по лёссовидным и по исследованию грунтов как оснований сооружений. Строительная промышленность 1935.
12. Кругляк С.П, Практика строительства металлургического комбината на лёссовидных грунтах, сборник (строительство на лёссовидных грунтах) 1939г.

13. Литвинов И.М, Опыт строительство Южно-Трубного металлургического на лесавидных грунтах.
14. Глаголев А, Угроза основанием Бобриковского комбината, Строительство Москвы 1931
15. Трофимов И.Н. Лисовая проблема в литологическом освещений «ИЗВ.АН СССР. Сер.геол. 1945.
16. Обручев В.А. проблема леса.
17. Берг Л.С. Климат жизнь, Географгиз, 1947.
18. СП 131.13330.2018 "СНиП 23-01-99\* Строительная климатология.
19. Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
20. Инженерно-геологические изыскания производились для обоснования разработки проекта планировки жилого района «Солонцы – 2» / Красноярск 2009.
21. ГОСТ 25100-2011 Межгосударственный стандарт грунты классификация
22. СП 448.1325800.2019 Инженерные изыскания для строительства в районах распространения просадочных грунтов.
23. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства.
24. Инженерное изыскания в районах распространения просадочных грунтов СП 448.1325800.2019.
25. ГОСТ 23161-2012 Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности.
26. ГОСТ 12071-2014. Межгосударственный стандарт. Грунты Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов
27. Сп 21.13330.2012 Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах
28. Штамповые испытания оснований. ООО ГеоШтамп.

29. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019)
30. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
31. ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования».
32. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание).
33. . ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования
34. Р 2.2.2006-05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
35. ГОСТ Р 55710-2013 освещения рабочих мест внутри здание.
36. ГОСТ 12.4.002-97 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний
37. ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Ограждения защитные (с Изменением N 1)
38. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ссбт). оборудование производственное. Общие требования безопасности
39. . ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения)
40. . ГОСТ 12.4.125-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация
41. СП2.1.3678-20"Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а

также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг"

42. СП.14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах СНиП II 7-81\* (актуализированного СНиП II-7-81\* "Строительство в сейсмических районах" (СП 14.13330.2011)).

43. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07- 85\* (с Изменениями N 1, 2)

44. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений.

45. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 (с Опечаткой, с Изменениями N 1, 2, 3)

46. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. Актуализированная редакция ГОСТ Р 51592-2000.

47. . СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22- 02-2003

48. ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ стоя.

49. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;

50. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение

51. ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности;

52. Методическое указание «Расчет искусственного освещения»

53. Методичка финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

54. <https://dela.ru/news/237586/>

55. [http://stroydocs.com/info/e\\_vet](http://stroydocs.com/info/e_vet)

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

(Справочное)

### General characteristics soil subsidence

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ91	Убайдуллаев Нуриддин Гульматович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бракоренко Наталья Николаевна	К. Г. -М. Н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преп.	Кемерова Наталья Сергеевна			

## Spreading of subsiding soils

Subsiding soils are widespread on all continents, but they are most widespread in Europe, Asia and America. According to experts, the total area occupied by loess rocks on the globe is 19 million km<sup>2</sup>, with an average loess thickness of 10 m,

On the territory of the CIS countries, the area covered by loess rocks is about 34% of the continental part of the CIS. Loess lies as a continuous cover over most of Ukraine (up to 80%) and in the south of the European part of Russia. There are large areas of loess rocks in Central Asia and Kazakhstan.

They occupy about 15% of the territory of Russia. They are especially widespread in Transbaikalia, the North Caucasus and Western Siberia, where they participate in the structure of loess rocks that cover vast areas. The thickness of the loess strata varies from several meters in the northern part of the zone, their distribution up to 50 - 60 m, and there is linen in its southern part.

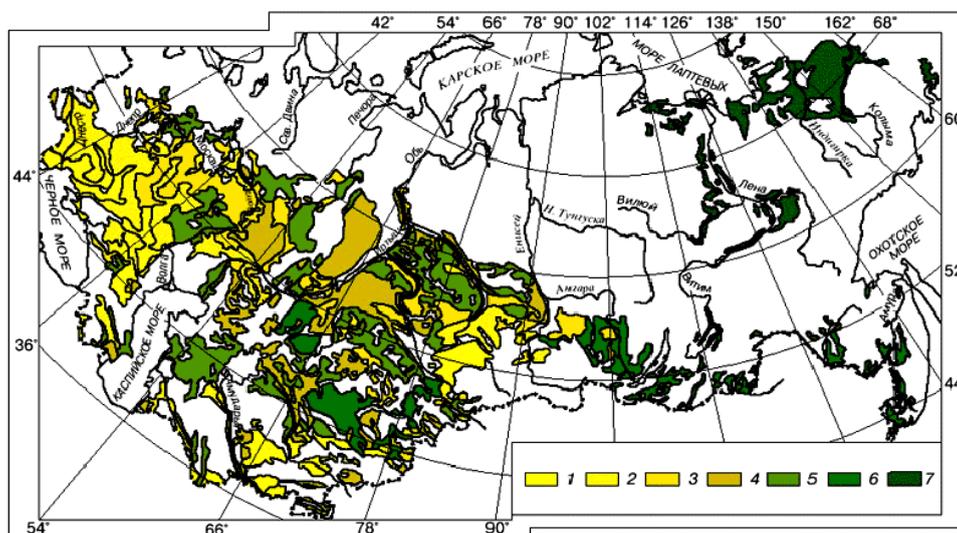


Figure 1 Map of the development of loess species. Compiled by V.N.Sokolov,

## Features of the composition and condition of collapsing soils.

Subsiding soils are non-layered rocks of the Quaternary period related to the granulometric composition of silty, loam and sandy loam. Dust particles predominate in its composition; sand particles larger than 0.25 mm, as a rule, are absent, and clay particles are usually contained in a small amount.

Particles of fine sand and dust are mainly represented by fragments of quartz. In addition to quartz, there are feldspar, mica, a very small amount of granite, and other minerals. Clay minerals are represented by kaolinite, illite, montmorillonite. As a rule, loess contains carbonate inclusions in significant quantities.



Figure 2 Granulometric composition of collapsing soils

A characteristic feature of loess is high porosity, reaching 46 - 52% of the total volume of the rock. Collapsing soils are characterized by the presence of large, well-visible pores, the so-called macropores, which are usually cylindrical tubes. The diameter of macropores is from 0.5 to 2 mm, and sometimes reaches 5 mm and wider. However, macroporosity cannot be considered a feature of all loess species. It should be noted that large pores are absent in many varieties of loess-like loams, and sometimes in loess. It is very important that these rocks have high total porosity and, in the absence of macropores, that the change in loess and loess-like loams during subsidence is reduced to compaction of these rocks with a decrease in porosity from 45 - 52% to 38 - 42%. In this case, particles and aggregates of particles of loess and loess-like loams, hereinafter referred to as structural elements, as a result of displacement, are concentrated within a smaller volume than before the occurrence of deformations.

With uniform compaction, a decrease in porosity is characteristic for the considered unit of rock volume as a whole, as well as for any rock section drawn in

an arbitrary direction. The density of particles of collapsing soils, depending on their mineralogical composition, ranges from 2.6 to 2.75 g / cm<sup>3</sup>.

The density of subsiding soils depends on the mineral composition, structure and water content in them, and ranges from 1.33 to 2.0 g / cm<sup>3</sup>. They are also characterized by a low density of the skeleton (mainly less than 1.5 g / cm<sup>3</sup>).

The natural moisture content of collapsing soils is low and ranges from 7 to 12%, which, as a rule, is less than the plastic limit. For loess-like loams, the natural moisture content is 5 - 7% higher compared to loess. The degree of soil subsidence significantly depends on the natural moisture content: the lower the natural moisture content, the higher the subsidence properties of the soil. The moisture content of the upper layers of subsiding soil strata at a depth of up to 3 m varies significantly depending on the season and atmospheric precipitation, and at depths below 3 m, moisture change usually does not depend on these factors and remains constant, if there are no permanent sources of watering of the soil massif.

Subsidence soils are grayish-brown, light brown and brown, ferruginous, and carbonated.

Rocks similar to loess, but differing from it in one way or another, are widespread. So, some rocks similar in appearance may contain inclusions of coarse sand or pebbles, while others contain only a very small amount of carbonates or have reduced porosity. Such rocks are usually called loess-like. It should be noted that the absence of certain criteria for distinguishing loess from loess-like loams often leads to the fact that rocks of the same composition and properties receive different names and, conversely, different rocks are called the same. L.S Bereg indicates that there is no fundamental difference between typical loess and loess-like loams.

**Differences between loess and loess-like rocks (according to V. A. Obruchev).**

Characteristic features	Loess	Loess-like rock
Material.	Aeolian, mainly exotic, that is, brought from the outside.	Deluvial, alluvial, proluvial, glacial, often local
Structure	Primary and normal complete non-layering	Secondary and often incomplete.
Grain size.	Decreases with distance from	Depends on the size of the

	the area of development	primary material.
Fauna	Terrestrial with occasional freshwater or coastal basin.	Land, water, coastal or mixed.
Power	Large (400 m, but more often from 10 to 70 m)	A small (2 - 3 m, with a few exceptions)
General character	Uniform over large areas is not dependent on relief	Diverse, rapidly changing, depending on the terrain.
Mode of occurrence	Everywhere (watersheds, plains, slopes, valleys)	Watersheds only
Conditions of occurrence	On dry steppes, outside the desert, modern or former.	Sometimes in deserts, for example, in oases, on river banks, around springs.
Distribution	Zonal and regular Regarding areas of development and depending on the prevailing winds and relief	Zonal, but only depending on the climate and the presence of fine earth, which undergoes transformation into a loess-like rock

Clay rocks that have the characteristics and properties of loess, but differ from them in the conditions of formation (for example, deluvial, proluvial, etc.), are usually referred to as loess-like. However, establishing the genesis of loess-like rocks is often difficult, and therefore their difference from loess is almost always conditional. This is the main reason for the existence of different points of view on the modes of occurrence in certain areas. In this, many researchers see and emphasize the essence of the loess problem.

Loess rocks should be considered as a single independent petrographic type of continental, formed during certain diagenetic processes under conditions of insufficient moisture, the development of steppe vegetation and fauna. The severity of loess features and properties depends on the conditions of sediment accumulation, due to which the considered type of rocks is formed. During the formation of sediments by the aeolian route, important and characteristic features and properties of loess rocks are expressed most sharply and clearly. In rocks formed from sediments of deluvial and proluvial origin, these characters and properties are small and distinct, and from alluvial sediments, they are even less pronounced.

The properties of loess rocks, as well as any other sedimentary rocks, also change under the influence of various epigenetic processes, weathering processes, under the influence of engineering structures, etc. When doing engineering and

geological assessment of the properties of loess rocks and forecasting their behavior under the influence of engineering structures, it is important to know the genetic type of sediments they were formed from and the degree of variation of their properties. Loess rocks, as noted above, are water-resistant, they easily and quickly get wet and erode. Therefore, in the areas of their distribution, gully-beam phenomena are widely developed, the banks of rivers, lakes and reservoirs are rapidly destroyed, landslides, splashes, solifluction movements and other phenomena are numerous. Their most important feature is the tendency of many of their types to subsidence. When soaking without increasing the load, they are prone to collapsing.

Drawdowns develop relatively quickly (instantly) and are uneven in size in different areas. Therefore, during the construction of structures, there is always a danger of disturbing their stability due to changes in the humidity regime of loess rocks. All this creates special conditions for the construction of structures on loess rocks.

### **Brief history study of subsiding soils**

The first work devoted to the subsidence of loess rocks was an article by V. A. Pyshkin [3], published in 1928 and containing a description of the deformations of irrigation channels in the Hungry Steppe. In 1929, the work of I. E. Kheladze [3] was published, devoted to the deformations of irrigation channels in Transcaucasia. At the same time, V. S. Gvozdev [] described in detail the deformations that appeared during the commissioning of the Malo-Kabardinsky Canal. This description was accompanied by an attempt to link the territorial distribution of subsidence with the geomorphological features of the area and some data on the properties of rocks.

In 1930, the journal "Construction Industry" published an article by B. I. Mikheev [], which for the first time described the destruction of buildings as a result of increased humidity of loess rocks. The article noted a sharp drop in the strength of such rocks with their humidity increase and pointed out that a significant compression of rocks occurs at a humidity much lower than the total moisture capacity. B. I. Mikheev described the deformations of buildings on the territory of the

village of Groznefti and sinkholes with a diameter of up to 8 m. This article correctly states that the main cause of all changes in the ground is water and that all the attention of builders should be directed to diverting water and preventing it from the very beginning of construction to the base of the foundations. This speech by B. I. Mikheev played an important role in attracting civil engineers' attention to the properties of loess rocks. The response to the speech of B. I. Mikheev is an article by A. Glagolev [3], published in 1931. In this article, the correct characterization of the deformations of loess rocks is given in general terms. The author notes that in the dry state, the rocks of the foundations of the structures are quite strong, but due to the penetration of water into them, cementing salts, lime, gypsum, etc. dissolve, the particles move, become more densely packed, and the rock subsides that turns out to be catastrophic for the structures. The article emphasizes the need to combat the penetration of water into the rock column at the base of structures. The question about the nature of the deformation of loess and loess-like loams with increasing humidity was first raised in the works of K. I. Lisitsyn [3] published in 1931 and 1932. These papers present the results of field research conducted in the Eastern Caucasus in 1926-1930. Not only describing the deformations and characteristics of the properties of subsident and non-subsident loess loams, K. I. Lisitsyn presents a broad geological picture of the formation of rocks that can give subsidence.

Very interesting materials were obtained in recent years connected with the design and construction of the Volga-Don ship canal and other structures (E. S. Hunter, M. D. Dundukov, M. N. Goldstein, J. L. Kogan, etc.). The issues of usage of loess rocks as ground structures has been discussed at scientific and technical conferences. In 1935, the Main Department of the Construction Industry held an All-Union conference dedicated to the issues of construction on loess rocks. Its results were briefly covered by N. M. Geroevanov [3]. In 1938, the All-Union Scientific Engineering and Technical Society of Builders held the second conference on construction on loess rocks. There were reports containing a lot of factual material and analysis of the experience of construction on loess rocks during the first two

Stalinist five-year plans, [46, 49, etc.]. The issue of construction on loess rocks was also discussed at the meeting held by the VNITO Builders in 1949. The review of the listed works shows that since the appearance of the first works devoted to the construction properties of loess rocks, Soviet researchers have carried out a lot of work. At the first stage of research attention was paid only to the morphology of subsidence and individual properties of rocks, by now certain ideas about the nature of deformations of loess rocks and methods have been developed.

A fairly detailed description of the loess was given by I. N. Trofimov (1945). According to his observations, as well as the observations of other geologists, loess has fairly stable features and properties, of which the following are particularly important for their engineering and geological assessment:

- 1) macroporosity;
- 2) high dustiness;
- 3) frequently high salt content, mainly carbonate and sulfate;
- 4) easily erodible and soakable;
- 5) the tendency to shrink when moistened;

SP 448.1325800.2019 Engineering surveys for construction in areas of subsidence distribution.

### **Design and construction of a structure on subsiding soil**

From the above description, it follows that the problem of designing and building structures on loess, i.e. macroporous rocks, is primarily related to their water resistance and tendency to subside. This is the construction of structures on subsiding rocks. The main reason for the subsidence of loess rocks is that under the influence of water, structural connections are destroyed, macropores are sharply compacted either by its own weight, or under the influence of the load from the structure. The experience of design and construction shows that distortion of the stability of structures in most cases are associated with various types of accidental soaking of loess rocks. It can occur with the accumulation of rain and meltwater in certain areas due to the absence or faulting of the surface runoff. Structure collapse occurs in the

absence or faulting of waterproofing that protects the foundations of structures from moisture, from water leakage out of underground utilities, with local flooding of construction sites due to rising ground water levels, unorganized discharge of industrial water, freezing and thawing of construction pits, etc. Along with various types of accidental soaking of loess rocks, their inevitable soaking can also occur during irrigation of land, construction of canals, reservoirs, etc. Accidental soaking usually occurs first on a local site, and then spreads both over the area and to the depth. At the initial moment, it causes a sharp uneven drawdown, which subsequently increases more slowly with the growth of the overall average drawdown.

This development of deformations of loess rocks is a great danger for the stability and safety of structures.

Observations show that the total subsidence and its unevenness depend on the total capacity of the subsidence rocks in the core of the structure, the conditions and the duration of their soaking. The total drawdown increases with growing thickness of loess rocks, and its unevenness increases with local and prolonged soaking. The subsidence develops as the water moves into the rock column and the soaking zone increases. It can occur at any time during the operation of the structure, and it is difficult or impossible to establish a connection between the total drawdown value and its unevenness.

#### **Assessment of soil subsidence in the Solontsy microdistrict**

To assess the engineering and geological conditions of the residential area "Solontsy-2", the following information is used:

- the climate, topography, geological structure, lithological composition of the rocks composing the ground base in the zone of interaction with the geological environment;
- the conditions of distribution and depth of underground water;
- distribution and properties of soils with specific properties;
- the possibility of engineering and geological processes that negatively affect the conditions of construction and operation of buildings and structures.

1. In geomorphological terms, the territory is favorable for construction development, which does not require complex engineering training measures.

From the urban planning point of view, the terrain of the territory is characterized as slightly undulating, with flat, rounded peaks of hills, with a change in absolute marks within 203-255m, which does not complicate construction within this territory. In relation to the terrain surface of this section, it does not require complex and large-scale engineering work.

2. In geological terms, the territory is considered less favorable for construction, due to the widespread development of special foundation soils within the territory, which complicate construction and require the provision of appropriate additional measures, sometimes a whole complex. Such soils should include subsidence and eluvial.

Subsidence soils are common within the aeration zone and are subject to additional moisture, due to which there is a sharp decrease in the bearing capacity of the soil base, and additional deformation (subsidence) from its own weight or external load is possible. Therefore, the construction of objects requires engineering works that do not allow or exclude the reduction of the bearing capacity of the soil: protection of the foundation soil from possible soaking, if necessary, the elimination of the subsidence properties of the soil by compacting or replacing the compacted soil cushion, as well as cutting the subsidence layer with deep foundations, and a number of structural measures. The choice of measures depends on the type of ground conditions for subsidence, the type of possible soaking, and the amount of calculated subsidence.

Subsidence soils are represented by loess-like, macroporous loams and sandy loams, distributed almost throughout the territory. The most widespread in the area were soils of type II soil conditions in terms of subsidence, with a depth of 6.9 – 15.0 m from the surface, and a total subsidence of its own weight during soaking equal to 13.8 cm. Soils of type I have a limited distribution, opened to a depth of 1.4-6.8 m

from the daily surface, the total subsidence of its own weight during soaking is less than 5.0 cm.

Geological structure of the Yenisei river valley including the territory under consideration, is complex, it involves rocks of different lithological composition, genesis and age. As noted above, the area is located within several large geomorphological elements, hence the lithological composition of the sediments is very diverse. To study the geological structure of the territory, within the boundaries of the survey, wells with a depth of 5.0-38.0 m were drilled along the grid. According to drilling data, it was found that the sediments of the section of the ground base contain bedrock of Devonian, Carboniferous and Jurassic age, eluvial structureless and weakly structured deposits of the dispersed and clastic zones of the crust of the weathering of the bedrock, as well as undifferentiated alluvial-deluvial, proluvial-deluvial and alluvial deposits of Quaternary age.

The soil-plant layer (PRS) lies under the surface of the territory. The layer is widespread everywhere, and opened within the existing arable land and on the former arable fields, as well as in forest plantations and within vegetable gardens, in some areas under a layer of solid household waste (MSW). The thickness of the soil and vegetation cover is 0.1-0.6.

In some areas of the territory, there are unauthorized landfills of solid household waste. Wells No. 2263 and 2298 uncovered bulk soils of heterogeneous composition represented by asphalt, pebbles, loam and construction debris. The depth of the soil in the wells is 0.2-1.0 m.

Undifferentiated alluvial-deluvial, proluvial-deluvial, and alluvial deposits of Quaternary age are ubiquitous, both in plan and depth of the section. The sediments are mainly clay soils, to a lesser extent sandy and coarse-grained, in the section they lie under the soil-plant layer and technogenic sediments.

Clay soils are represented by loams and sandy loams. The most widespread among clay soils are loams. According to the depth of the section of the ground base and in the areal relation, loam occupies a leading position. The soils were opened

mainly in the form of a thick layer. In the western part of the site, the soil thickness within the slopes of the hill and the hollow exceeds 15 m, there is a gradual decrease in thickness in the eastern direction to the watercourse of the hollow and a sharp decrease in the western direction to the tops of the hills. The largest values of the loam thickness were found in the south-eastern part of the territory (wells №№ 2176, 2177, 2182), where the loam is exposed to a depth of 30-38m and is associated with the watercourse of the ancient erosion depression. To the east and northeast of the flow clough, within the slope of the uplands, the thickness of the loam decreases sharply. In the thickness of the loam, lenses and layers of sand of different sizes are marked: dusty, small and medium-sized. In areas located in the flow hollow, inclusions of coarse - grained material-gravel and pebbles, with the content varying from 1-2 to 50%, are recorded.

Sandy loams are of subordinate importance among clay soils and lie in the loam thickness as separate low-power lenticular layers, and in some places in the form of numerous thin lenses. The thickness of the layers does not exceed 2.6 m. By separate wells No. 2193 and 2301 (the eastern part of the territory), the sandy loam is hidden under a layer of loam in the form of thicker (5.9 and 6.5 m) lenticular layers. Sandy loam is distributed mainly within the diluvial slopes of the uplands in the north-west and north-east.

In general, a fairly wide range of variations in the thickness of clay soils from 1.4 to 38 meters or more is observed throughout the territory.

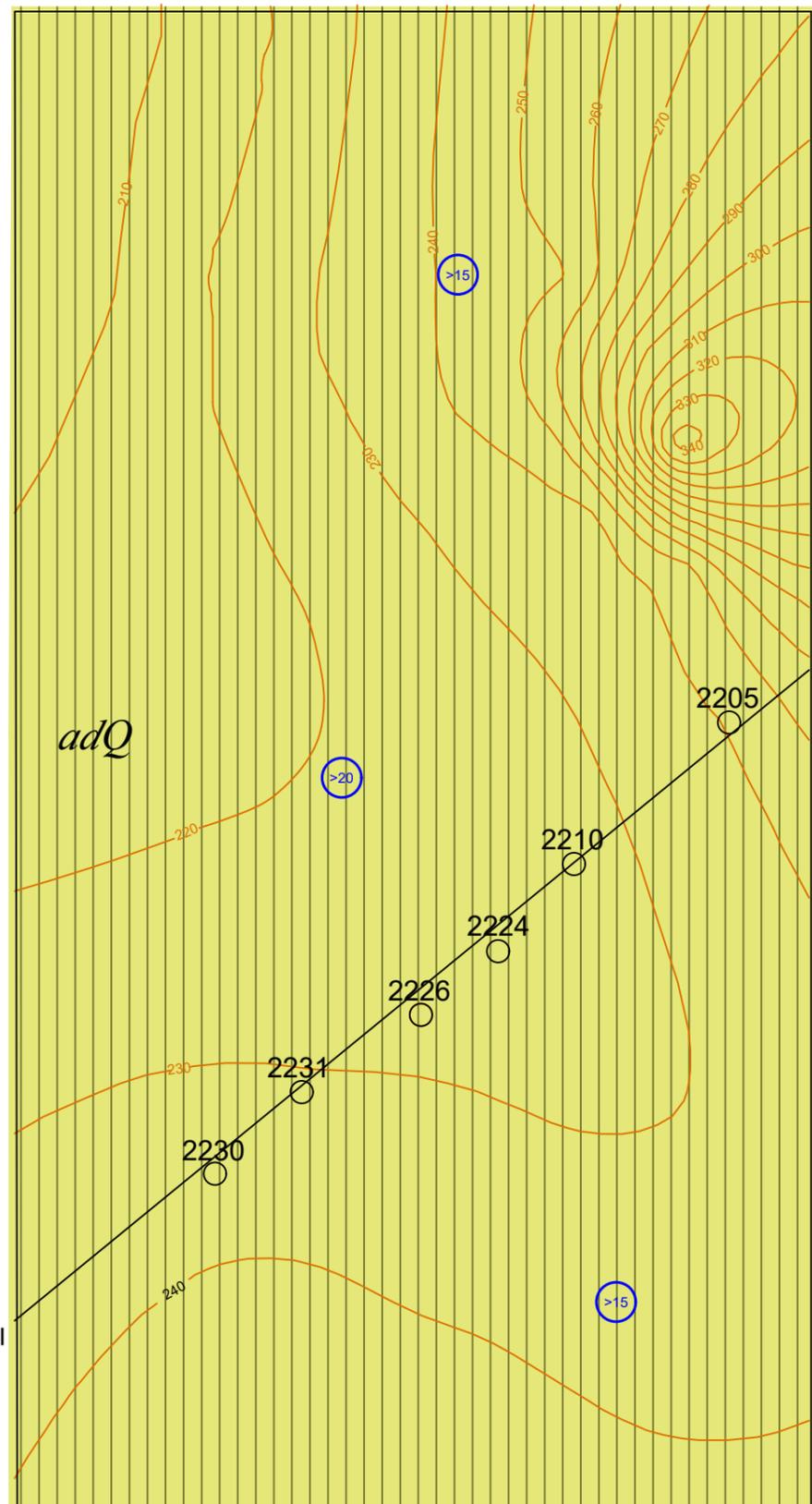
Sandy soils are mainly represented by medium-sized sands, and occasionally small interbeds of fine and gravelly sands are found. In terms of the placement, the sands are distributed in the center of the territory, shifting closer to the east or otherwise along the watercourse of the ancient erosional depression. In the section, the sands lie among the thickness of loam or under them, in some places they border on the roof of coarse-grained soils. At the site of the well No. 2196, the sands lie in the upper part of the section under the soil layer, their thickness is 3.5 mm. In the rest of the territory, the sands are exposed in the form of low-power (0.4-1.5 m)

interlayers and lenticular layers with a thickness of 2.0-4.2 m, as well as in the form of numerous thin lenses. In medium-sized sands, inclusions of coarse-grained soils (gravel and pebbles) up to 10-20% are noted.

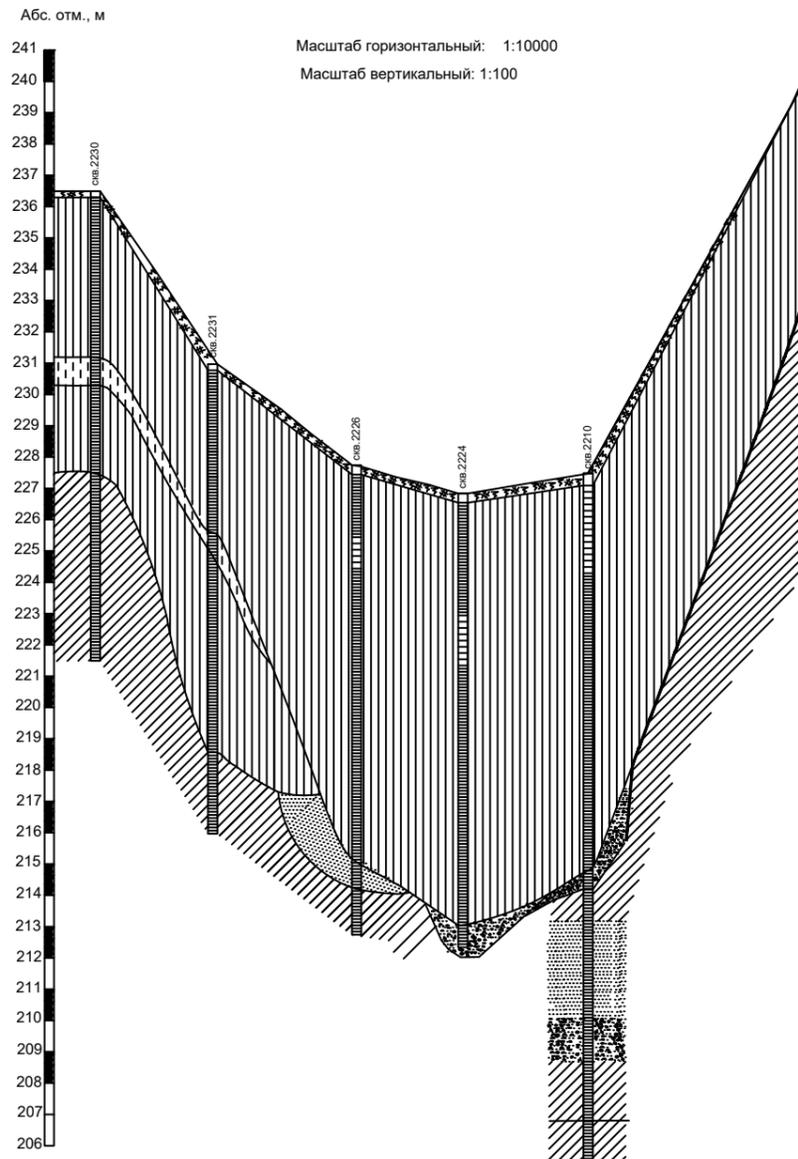
Pebble soils have a limited distribution within the territory, and look like separate spots of elongated shape. In the western part of the territory, the pebble soils are eroded and lie mainly in the form of low thickness (0.4-0.8 m, less often more than 1 meter) interlayers within the clay soils. The highest concentration of pebbly soils is noted in the center of the flow clough in the direction from north to south-east. At this site, the soils are uncovered in the form of layers lying in the lower part of the section under a layer of clay soils, sometimes on the roof of strongly weathered bedrock (eluvial soils). In the section, the soils often border on medium-sized sands and are facially replaced by gravel soils. To the full depth, the pebbles are uncovered by individual wells, the deepest being 3.6. There is a sharp wedging of the pebble soils towards the north-eastern borders of the territory, where they are completely absent.



Карта инженерно-геологических условий участка изысканий  
Масштаб 1:10000



Инженерно-геологический разрез по линии I-I



Масштаб горизонтальный: 1:10000  
Масштаб вертикальный: 1:100

Условные обозначения:

I. Стратиграфо-генетические комплексы

*adQ* Нерасчлененные аллювиально-делювиальные отложения четвертичного возраста

II. Инженерно-геологические элементы

1 Суглинок твердый просадочный

2 Суглинок твердый непросадочный

3 Песок средней крупности

4 Галечниковый грунт

III. Гидрогеологические условия

>15 Глубина залегания уровня подземных вод, м

условные обозначения	Консистенция грунтов (степень влажности)	Наименование грунтов
	твердая (маловлажные)	суглинки, супеси, (пески и крупнообломочные)
	полутвердая	суглинки

IV. Прочие обозначения

1. На карте

2194 Номер скважины

1 Линия разреза

2. На разрезе

Граница инженерно-геологического элемента