

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


Инженерная школа природных ресурсов  
 Специальность: 21.05.02 «Прикладная геология»  
 Отделение геологии

### ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

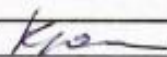
Тема работы
<b>Инженерно-геологические условия территории Ленского нефтегазоконденсатного месторождения и проект инженерно-геологических изысканий под объекты кустового основания Республики Саха (Якутия)</b>

УДК 553.98.624.151.3(594.56)

#### Студент

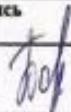
Группа	ФИО	Подпись	Дата
217В	Петрова Василина Васильевна		30.05.2022

#### Руководитель ВКР


Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крамаренко В.В.	к.г.-м.н.		30.05.2022

#### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

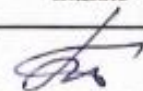
По разделу «Буровые работы»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОНД	Бер А.А.			25.05.2022


По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		25.05.2022

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД	Гуляев М.В.			25.05.2022

#### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Бракоренко Н.Н.	к.г.-м.н.		02.06.2022

## Планируемые результаты освоения ООП

Код	Результат освоения ООП
<b>Универсальные компетенции</b>	
P1	Применять базовые и специальные математические, естественнонаучные, гуманитарные, социально-экономические и технические знания в междисциплинарном контексте для решения комплексных инженерных проблем в области прикладной геологии.
P2	Использовать базовые и специальные знания проектного и финансового менеджмента, в том числе менеджмента рисков и изменений для управления комплексной инженерной деятельностью.
P3	Осуществлять эффективные коммуникации в профессиональной среде и обществе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности в области прикладной геологии.
P4	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных проблем.
P5	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать нормам профессиональной этики и правилам ведения комплексной инженерной деятельности в области прикладной геологии.
P6	Вести комплексную инженерную деятельность с учетом социальных, правовых, экологических и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности, нести социальную ответственность за принимаемые решения, осознавать необходимость обеспечения устойчивого развития.
P7	Осознавать необходимость и демонстрировать способность к самостоятельному обучению и непрерывному профессиональному совершенствованию.
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P8	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа в области поисков, геолого-экономической оценки и подготовки к эксплуатации месторождений полезных ископаемых с использованием современных аналитических методов и моделей.
P9	Выполнять комплексные инженерные проекты технических объектов, систем и процессов в области прикладной геологии с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P10	Проводить исследования при решении комплексных инженерных проблем в области прикладной геологии, включая прогнозирование и моделирование природных процессов и явлений, постановку эксперимента, анализ и интерпретацию данных.
P11	Создавать, выбирать и применять необходимые ресурсы и методы, современные технические и IT средства при реализации геологических, геофизических, геохимических, эколого-геологических работ с учетом возможных ограничений.
P12	Демонстрировать компетенции, связанные с особенностью проблем, объектов и видов комплексной инженерной деятельности,

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

Инженерная школа природных ресурсов  
 Специальность: 21.05.02 «Прикладная геология»  
 Отделение геологии

**УТВЕРЖДАЮ:**  
 Руководитель ООП  
*Н.Н. Бракоренко* - 07.03.22    **Бракоренко Н.Н.**  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

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

В форме:

Дипломного проекта
--------------------

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

Студенту:

Группа	ФНО
217В	Петровой Василине Васильевне

Тема работы:

<b>Инженерно-геологические условия территории Ленского нефтегазоконденсатного месторождения и проект инженерно-геологических изысканий под объекты кустового основания Республики Саха (Якутия)</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	17.01.2022 №17-19/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2022
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

Исходные данные к работе	Фактический фондовый материал изысканий организации ПАО «СНГ» СургутНИПИнефть, опубликованная литература, нормативные документы, материалы производственной работы автора
--------------------------	---

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<p>В общей части привести характеристику физико-географических, климатических, геологических, геокриологических, гидрогеологических условий района работ.</p> <p>В специальной части охарактеризовать инженерно-геологические условия участка проектируемых работ, выполнить прогноз поведения грунтов при эксплуатации блока градирен.</p> <p>В проектной части разобрать проект инженерно-геологических изысканий для строительства блока градирен.</p>
---	---


<b>Перечень графического материала</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фрагмент геологической карты четвертичных отложений (Лист Р-48-49) Масштаб 1:1 000 000</li> <li>2. Карта инженерно-геологических условий участка</li> <li>3. Инженерно-геологические разрезы</li> <li>4. Таблицы нормативных и расчетных показателей свойств грунтов</li> <li>5. Геолого-технический наряд на бурение инженерно-геологической скважины глубиной 10 м</li> </ol>
--	---

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**


Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Гуляев М.В.
Буровые работы	Бер А.А.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	07.03.22
---	----------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крамаренко В.В.	д.г.-м.н.		07.03.22

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата	Группа
217В	Петрова В.В.		07.03.22	217В

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

Студенту:

Группа	ФИО
217В	Петрова Василина Васильевна

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	21.05.02 Прикладная геология

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


1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. Рассчитать сметную стоимость проектируемых работ на инженерно-геологические изыскания. 2. Справочник базовых цен на инженерно-геологические работы. 3. Нормативно-правовые акты различной юридической силы.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

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


1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности инженерных решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Технический план видов и объемов работ по проекту
2. Планирование и формирование бюджета	2. Расчёт затрат времени
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	3. Расчет сметной стоимости

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	К.Э.Н.		25.05.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
217В	Петрова Василина Васильевна		25.05.2022

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
217В		Петрова Василина Васильевна	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	21.05.02 Прикладная геология

Тема ВКР:

Инженерно-геологические условия территории Ленского нефтегазоконденсатного месторождения и проект инженерно-геологических изысканий под объекты кустового основания Республики Саха (Якутия)

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

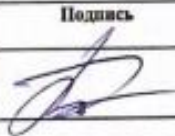
<b>Введение</b>	<p>Объект исследования: Инженерно-геологические условия территории Ленского нефтегазоконденсатного месторождения и проект инженерно-геологических изысканий под объекты кустового основания Республики Саха (Якутия)</p> <p>Область применения: обоснование видов, методов и объемов инженерно-геологических работ для разработки проекта</p> <p>Работы проводятся:</p> <p>В полевых условиях (рекогносцировка, топогеодезические работы, буровые работы, полевые работы);</p> <p>В лабораторных условиях (определение состава и свойств грунтов);</p> <p>В офисе (камеральная обработка).</p>
-----------------	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:


<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</b>	<p>Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p> <p>Инженерно-геологические изыскания проводятся в три этапа:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- В полевых условиях (рекогносцировка, топогеодезические работы, буровые работы, полевые работы);</li> <li>- В лабораторных условиях (определение состава и свойств грунтов);</li> <li>- В офисе (камеральная обработка).</li> </ul>
<b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</b>	<p>Анализ потенциальных вредных и опасных факторов при полевых, лабораторных и камеральных работах в рамках производства инженерно-геологических изысканий под объекты кустового основания.</p> <p>Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов.</p> <p>Полевой этап работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе;</li> <li>- Превышение уровней шума и вибрации;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Тяжесть физического труда;</li> <li>- Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися</li> <li>- Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования;</li> <li>- Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;</li> <li>- Пожаровзрывоопасность.</li> </ul> <p>Лабораторный и камеральный этапы работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Отклонение показателей микроклимата в помещении;</li> <li>- Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>- Превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений;</li> <li>- Повышенная запыленность рабочей зоны;</li> <li>- Монотонность труда и умственное перенапряжение</li> <li>- Утечки токсических и вредных веществ в рабочую зону;</li> <li>- Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:</b>	<p>Воздействие на литосферу, гидросферу, атмосферу.</p> <p>Решение по обеспечению экологической безопасности.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого здания и сооружения;</li> <li>- Выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации ее последствий;</li> <li>- Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович			25.05.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
217В	Петрова Василина Васильевна		25.05.2022

## Реферат

Выпускная квалификационная работа объемом 139 с., проиллюстрированы 37 рисунков, 19 таблиц. Список литературы составляет 68 источников, графических приложений – 6 листов.

Ключевые слова: инженерно-геологический элемент, грунт, теплотехнический прогноз, инженерно-геологические изыскания, морозное пучение.

Объектом исследований является геологическая среда проектируемых сооружений – подстанции 6кВ и участка трассы ЛЭП 6кВ, расположенных на территории Ленского нефтегазоконденсатного месторождения Республики Саха (Якутия).

Целью проектирования является комплексное изучение инженерногеологических, геокриологических, гидрогеологических условий района работ, а также исследования состава, состояния и физико-механических свойств грунтов, геологических процессов и явлений и прогноз возможного изменения инженерно-геологических условий в сфере взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой.

Для достижения поставленной цели был использован фондовый материал – технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий «Нефтегазопроводы от кустов скважин 160, 181, 182, 183, 184». Ленское нефтегазоконденсатное месторождение, опубликованные и нормативные материалы, электронные ресурсы.

Для выполнения инженерно-геологических изысканий для строительства сооружений запроектировано выполнение полевых, лабораторных и камеральных работ. На основании видов и объемов работ была составлена смета на выполнение инженерно-геологических изысканий.

Текст выпускной квалификационной работы выполнен в текстовом редакторе Microsoft Word, таблицы выполнены в программе Microsoft Excel,



теплотехнические расчеты – в программном комплексе Frost 3D, графические материалы – в программе AutoCAD.

## Оглавление

Введение .....	13
1 Общая часть. Природные условия участка строительства .....	14
1.1 Физико-географическая и климатическая характеристика .....	14
1.2 Изученность инженерно-геологических условий.....	18
1.3 Геологическое строение .....	18
1.4 Гидрогеологические условия.....	27
1.5 Геологические и инженерно-геологические процессы и явления .....	33
2 Специальная часть. Инженерно-геологическая характеристика участка проектируемых работ.....	38
2.1 Рельеф участка.....	38
2.2 Состав и условия залегания грунтов и закономерности их изменчивости ...	38
2.3 Физико-механические свойства грунтов.....	40
2.3.1 Выделение и характеристика инженерно-геологических элементов .....	40
2.3.2 Нормативные и расчетные показатели свойств грунтов .....	52
2.4 Гидрогеологические условия.....	54
2.5 Специфические грунты .....	54
2.6 Геокриологические условия участка .....	56
2.7 Геологические процессы и явления на участке .....	58
2.8 Оценка категории сложности инженерно-геологических условий участка .	59
2.9 Прогноз изменения инженерно-геологических условий участка в процесс изысканий, строительства и эксплуатации сооружения .....	60
3 Проектная часть. Проект инженерно-геологических изысканий на участке...	71

3.1	Определение размеров и зон сферы взаимодействия сооружений с геологической средой и расчетной схемы основания. Задачи изысканий .....	71
3.2	Обоснование видов и объемов проектируемых работ .....	73
3.3	Методика проектируемых работ .....	81
3.3.1	Полевые работы.....	81
3.3.1.1	Топографо-геодезические работы .....	81
3.3.1.2	Инженерно-геологическая рекогносцировка .....	82
3.3.1.3	Буровые работы .....	83
3.3.1.4	Термометрические наблюдения.....	89
3.3.1.5	Определение глубины сезонного оттаивания грунта методом непосредственных измерений .....	91
3.3.1.6	Испытания торфов на сопротивление вращательному срезу сдвигомером-крыльчаткой СК-8 .....	91
3.3.1.7	Опробование .....	93
3.3.2	Лабораторные работы .....	94
3.3.3	Камеральные работы .....	104
4.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ....	106
4.1.	Технический план видов и объемов работ по проекту.....	106
4.2.	Календарный план проведения работ .....	108
4.3.	Расчет сметной стоимости .....	108
5	Социальная ответственность при проведении инженерно-геологических изысканий .....	115
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	115
5.2	Производственная безопасность .....	117

5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов и обоснование мероприятий по защите от их воздействия .....	119
5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов и обоснование мероприятий по защите от их воздействия .....	127
5.3 Экологическая безопасность .....	130
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	132
Заключение .....	137
Список использованной литературы.....	138

## **Введение**

Целью проектирования является комплексное изучение инженерногеологических, геокриологических, гидрогеологических условий района работ, а также исследования состава, состояния и физико-механических свойств грунтов, геологических процессов и явлений и прогноз возможного изменения инженерно-геологических условий в сфере взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой.

Задача заключается в получении максимальной информации о свойствах геологической среды – компонентах инженерно-геологических условий в пределах предполагаемой сферы взаимодействия с сооружениями.

Местоположение района работ: Ленское нефтегазоконденсатное месторождение, Ленский район, Республика Саха (Якутия).

# 1 Общая часть. Природные условия участка строительства

## 1.1 Физико-географическая и климатическая характеристика

В физико-географическом отношении район работ расположен в юго-восточной части Средне-Сибирского плоскогорья, в бассейне реки Нюя (левый приток первого порядка реки Лена).




 – Район проектируемых работ

Рисунок 1.1. Географическая карта Республики Саха (Якутия)  
([https://megabook.ru/media/Якутия%20\(географическая%20карта\)](https://megabook.ru/media/Якутия%20(географическая%20карта)))

Климат рассматриваемой территории резко континентальный, для него характерны долгая и холодная зима, короткое и теплое лето, а также быстрые переходы от холода к теплу и наоборот. Главными факторами, определяющими такое своеобразие климата, являются характер общей циркуляции воздушных масс и физико-географические условия территории – ее удаленность и

отгороженность горными системами от Атлантического и Тихого океанов, открытость со стороны Северного Ледовитого океана.

В зимний период территорию охватывает мощный сибирский антициклон, начинающий образовываться в сентябре. В антициклоне происходит формирование континентального очень холодного воздуха, достигающего своего максимума в январе-феврале. При сильных морозах в затишье образуются морозные туманы.

Лето короткое и теплое, иногда жаркое, ночи прохладные и вероятны заморозки во все летние месяцы. Переходные сезоны года кратковременны и характеризуются большими суточными амплитудами температур.

Климатическая характеристика района работ принята по метеостанции Комака.

Среднегодовая температура воздуха минус 7,2 °С, среднемесячная температура воздуха наиболее холодного месяца января минус 30,9 °С, а самого жаркого июля + 16,4 °С. Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца +24,5 °С.

Абсолютный минимум температуры приходится на январь минус 61,1 °С, абсолютный максимум на июнь – июль + 39,2 °С.

Температура воздуха наиболее холодных суток 0,98 обеспеченностью минус 57 °С, 0,92 – минус 54 °С. Температура воздуха наиболее холодной пятидневки 0,98 обеспеченностью минус 53 °С, 0,92 – минус 51 °С.

Средняя дата последнего заморозка 22.06, средняя дата первого заморозка - 11.08. Продолжительность безморозного периода 49 дней.

Среднегодовое количество осадков – 409 мм, из них – 299 мм приходится на теплый период.

Снежный покров образуется 15.10, дата схода 11.05, сохраняется 211 дней. Характерной особенностью является небольшая его плотность. Снег выпадает очень сухой и мало уплотняется в течение всей зимы.

Максимальная декадная высота снежного покрова 5% обеспеченности 75 см. Объем снегопереноса за зиму – 100 м<sup>3</sup>/м.

Зимой преобладает южное и юго-западное направление ветра, а летом – северное.

Согласно СП 131.13330.2018 [56] по климатическому районированию для строительства территория относится к I климатическому району, подрайон I Д.

Согласно СП 11-103-97 (Приложения Б, В) [51] опасных гидрометеорологических процессов и явлений в районе работ нет.

В геоморфологическом отношении территория изысканий расположена в пределах Приленского структурно-денудационного плато Средне-Сибирского плоскогорья. Морфологически рельеф представляет собой волнистое плато на линейно-складчатых карбонатно-глинистых породах кембрия. Это плато выработалось на основных синклинальных структурах с пологим или горизонтальным залеганием глинисто-карбонатных пород, неустойчивых к процессам эрозии и денудации. Затрудненный поверхностный сток и наличие островной многолетней мерзлоты обуславливают местами сильную переувлажненность грунтов сезоннодеятельного слоя.

По преобладанию рельефообразующих экзогенных факторов выделяются два основных генетических типа рельефа: эрозионно-денудационный и эрозионно-аккумулятивный.

Исследуемая территория расположена в пределах эрозионно-денудационного типа рельефа. Этот тип рельефа в основном сформировался в результате воздействия агентов избирательной денудации в процессе неотектонических поднятий территории.

Гидрография и режим водных объектов в данных условиях определяются сложными сочетаниями климатических особенностей, рельефа, почв, растительности, геологического строения.

Территория изысканий находится в подзоне южной тайги, в области распространения островной мерзлоты.



Ближайшим к району изысканий изученным крупным водотоком является река Нюя (левый приток реки Лена). Район работ расположен в пределах водораздельного пространства реки Берелех и реки Дясыктах (правые притоки реки Нюя), с пологоволнистым рельефом, расчлененность которого возрастает с приближением к руслам рек. Поверхность на большей части района работ ровная, слабонаклонная, покрыта смешанным лесом, здесь произрастают лиственница, сосна, береза, ель, кустарник. Мощность почвенно-растительного слоя 0,1-0,2 м. По поймам рек и ручьев встречаются заболоченные участки.

По трассам нефтегазопроводов абсолютные отметки поверхности изменяются в пределах 349,54-404,42 м.

Нефтегазопровод от т.вр.183 до т.вр.182 пересекает реку Бёрёлёх (Бирюлях, Чепка). Остальные проектируемые трассы нефтегазопроводов водотоков не пересекают.

Внешних проявлений инженерно-геологических процессов, отрицательно влияющих на строительство и эксплуатацию проектируемых сооружений на период проведения полевых работ, не наблюдалось.

Крупные населенные пункты в районе работ отсутствуют. Наиболее крупный населенный пункт района – поселок Витим, который расположен на левом берегу реки Лена. Транспортная связь с ним круглогодично осуществляется по новой автомобильной дороге п. Витим – Талаканское месторождение. В пределах месторождения транспортная связь осуществляется по автодорогам, соединяющим кустовые площадки, площадки разведочных скважин и другие объекты нефтедобычи. От существующих автодорог до проектируемых площадок и трасс коммуникаций проезд осуществлялся по сейсмопрофилям, тракторным дорогам.

Территория Ленского месторождения интенсивно осваивается: строятся автодороги, трубопроводы, кусты скважин и прочие объекты. Район работ испытывает умеренную техногенную нагрузку.

Деформаций оснований зданий и сооружений на исследуемой территории, связанных с инженерно-геологическими условиями, в процессе их строительства и эксплуатации ранее не происходило. Для устранения отрицательных последствий от аварийных разливов нефти и нефтепродуктов разрабатываются специальные мероприятия. Для предотвращения загрязнения подземных вод отходами производства, шламами и т.п., при проектировании сооружений с потенциально возможными источниками загрязнения производятся мероприятия по гидроизоляции водоносных горизонтов. Повсеместно разрабатываются и внедряются мероприятия по защите поверхностных вод, почв, атмосферного воздуха от загрязнений.

## **1.2 Изученность инженерно-геологических условий**

В районе Северо-Талаканского и Ленского газонефтяного месторождения в 1977 г были проведены работы по составлению Геологической карты СССР масштаба 1:200 000 (Серия Верхне-Вилуйская, лист О-49-III – Коробков Г.В., Москва, 1981 г).

На основании протокола совещания Федерального агентства по недропользованию от 19.05.2017 года, северная часть Северо-Талаканского месторождения выделена из состава в самостоятельное месторождение – Ленское нефтегазоконденсатное месторождение.

Эти две территории различаются по изученности и по степени освоения. Территория Северо-Талаканского месторождения активно осваивается и в геологическом отношении имеет среднюю степень изученности. Ленское нефтегазоконденсатное месторождение в геологическом отношении интенсивно осваивается.

## **1.3 Геологическое строение**

В строении исследуемого участка принимают участия отложения палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста [1].

## ПАЛЕОЗОЙСКАЯ ЭРАТЕМА

Палеозойская эратема представлена отложениями кембрийской системы.

### КЕМБРИЙСКАЯ СИСТЕМА

Кембрийская система представлена нижним, средним и верхним отделами.

#### Нижний отдел

Нижний отдел кембрийской системы представлен тойонским ярусом.

#### *Тойонский ярус*

В составе Тойонского яруса выделяют Ангарскую свиту и нижнюю под свиту Литвинцевской свиты.

*Ангарская свита* ( $\epsilon_{1an}$ ) на карте, в пределах рассматриваемой территории, изображенной на графическом приложении, не вскрыта (только на разрезе). Свита сложена преимущественно известняками тонкозернистыми, иногда пятнистыми, окремненными, а также доломитами и карбонатными брекчиями [1].

Известняки состоят из сгустковых образований, выполненных микрозернистым кальцитом.

Доломиты представлены мелкозернистым (0,01-0,02 мм) доломитом угловато-округлой и неправильно-ромбоэдрической формы.

Известняки доломитовые состоят из мелкозернистого (0,2х0,1 мм) кальцита и хаотически расположенных мелких (0,04-0,08 мм) ромбоэдрических зерен доломита.

*Литвинцевская свита* ( $\epsilon_{1lt1}$ ) распространена, преимущественно, в центральной части исследуемого участка. Залегают согласно на породах ангарской свиты. Представлена известняками с редкими прослоями доломитов [1].

Многочисленные обнажения нижнелитвинцевской подсвиты, имеются в не Ньюи. В основании разреза свиты залегают карбонатные брекчии (8,0 м), состоящие из щебня и глыб пятнистых известняков и белого рыхлого доломита.

Цемент карбонатный. Выше залегает толща пятнистых и пятнисто-полосчатых доломитистых известняков, часто кальцитизированных. Встречаются прослой (до 5,0 м) тонкозернистых коричневато-серых массивных известняков, иногда брекчированных. Верхняя часть подсвиты представлена коричневыми или кремновыми известняками, переходящими вверх по разрезу в доломиты.

### **Средний отдел**

Средний отдел кембрийской системы представлен амгинским и майским ярусом.

#### *Амгинский ярус*

В составе амгинского яруса выделяют верхнюю подсвиту Литвинцевской свиты.

*Литвинцевская свита, верхняя подсвита ( $\epsilon_2lt_2$ )*, выходит на дневную поверхность на западе и в центре исследуемого участка. Залегает согласно на известняках нижнелитвинцевской подсвиты. Характеризуется смешанным карбонатным составом с преобладанием доломитов, наличием в разрезе кремнисто-карбонатных брекчий, водорослевых разностей пород с конкрециями кремней [1].

На пятнистых известняках нижнелитвинцевской подсвиты залегают мергели (0,4 м) и доломитовые брекчии (0,3 м). Выше разрез представлен преимущественно доломитами с редкими прослоями голубовато- и зеленовато-серых мергелей и брекчиевидных известняков. Доломиты часто волнисто-слоистые, окремненные брекчиевидные. Заканчивается разрез доломитами коричневато-серыми. Мощность верхнелитвинцевской подсвиты составляет около 83 м.

Известняки верхнелитвинцевской подсвиты по химическому составу отвечают почти чистым известнякам (%): кальцит – 90,22-97,19; доломит – 0-3,66.

Они характеризуются пелитоморфной, тонкозернистой, иногда мозаичной мелкозернистой структурой. Зерна кальцита неправильной, таблитчатой формы размером от 0,05 до 0,1 мм.

Для доломитов характерен следующий состав (%): кальцит – 5,31-10,80; доломит – 85,00-95,06.

### ***Майский ярус***

В составе майского яруса выделяют Верхоленскую свиту.

*Верхоленская свита (Є<sub>2vl</sub>)* выходит на поверхность участками рассматриваемого района. Граница верхоленской и нижнелитвинцевской свит согласная и проводится по кровле желтовато-серых волнисто слоистых доломитов нижнелитвинцевской подсвиты, сменяющихся голубовато-, травяно-зелеными мергелями. Выше залегает пачка красноцветных мергелей, аргиллитов, алевролитов [1].

Свита сложена монотонной толщей чередующихся алевролитов, аргиллитов и мергелей красного цвета с прослоями сероцветных мергелей, песчаников кварцевых, реже доломитов. Отмечаются гнезда гипса и целестина.

Общая мощность верхоленской свиты 120 м.

В целом по площади мощность изменяется предположительно от 80 до 120 м. Однако отсутствие единых вскрытых разрезов не позволяет однозначно решить вопрос о минимальной мощности свиты, поэтому величина 80 м принимается несколько условно.

В целом, для свиты характерны: преимущественно глинисто-алевритовый состав, красноцветная окраска, слабая сортировка обломочного материала, линзовидная слоистость. Все это свидетельствует о накоплении осадков в условиях жаркого засушливого климата в мелководных засоленных озерах и лагунах.

### **Верхний отдел**

Верхний отдел кембрийской системы представлен Аюсокканско-аксайским ярусом.

### *Аюсокканский-аксайский ярус*

В составе аюсокканско-аксайского яруса выделяют Илгинскую свиту.

*Илгинская свита (Єzil)* пользуется не широким распространением по всей исследованной территории. Она распространена преимущественно на востоке участка [1].

К илгинской свите относится пестроцветная, с преобладанием сероцветных Разностей, терригенно-карбонатная толща, согласно перекрывающая верхоленскую свиту Граница между свитами проводится по подошве пачки доломитов, иногда песчанистых. В составе свиты, по сравнению с подстилающей верхоленской, резко увеличивается процент карбонатных пород, представленных чередующимися песчаниками, алевролитами, мергелями. В виде линз и прослоев встречаются водорослевые доломиты и внутриформационные конгломераты.

Доломиты песчанистые, глинистые серые, светло-серые тонко-мелкозернистые, толсто- и среднеплитчатые.

Аргиллиты и мергели красно-бурые, голубовато- и зеленовато-серые тонкоплитчатой до листоватой, скорлуповато-сферической и комковатой отдельности.

Алевролиты красно-бурые, зеленовато-серые глинисто-доломитовые с мелко-среднезернистой алевроитовой структурой, линзо-виднослоистой, прерывисто волнистой текстурами. Основные минералы терригенной части: кварц, полевые шпаты, в незначительном количестве присутствуют слюда и циркон.

Доломиты светло-серые, желтоватые, редко красновато-бурые содержат незначительную примесь глинистого и песчаного материала. Структура породы микро-, тонко- и мелкозернистая. Зерна доломитов ромбические и неправильно-ромбические размером 0,01-0,15 мм. Иногда между зернами развит пелитоморфный микрозернистый кальцит. Терригенные минералы

представлены полуокатанными зернами кварца, реже полевых шпатов и одиночными чешуйками слюды.

## **МЕЗОЗОЙСКАЯ ЭРАТЕМА**

Мезозойская эратема представлена отложениями юрской системы.

### **ЮРСКАЯ СИСТЕМА**

Юрская система представлена нижним отделом.

#### **Нижний отдел**

Нижний отдел юрской системы представлен Плинсбахским ярусом.

#### *Плинсбахский ярус*

В составе плинсбахского яруса выделяют Оруктахскую свиту.

*Оруктахская свита (J<sub>1or</sub>)* с угловым и стратиграфическим несогласием залегает на нижнепалеозойских отложениях. Отложения распространены, преимущественно, на юго-востоке территории и согласно перекрываются отложениями нижневакунайкинской подсвиты [1].

Литологически свита характеризуется песчано-алевритовым составом. Обнаженность плохая.

В верховьях Ньюи и Гадалы в базальных горизонтах свиты появляются аргиллиты шоколадного и темного зеленовато-серого цвета тонкоплитчатые горизонтально слоистые, а в верхних горизонтах – тонкие прослой карбонатных песчаников.

В тяжелой фракции песков оруктахской свиты присутствуют (%): альмандин – 30-37; ильменит – до 37; циркон – 3-9, в отдельных пробах рутил – 2-20; в отдельных пробах: сфен – до 6; эпидот – 3; ставролит – 2-3; гроссуляр – 2-3.

## **КАЙНОЗОЙСКАЯ ЭРАТЕМА**

Кайнозойская эратема представлена четвертичной системой.

### **ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СИСТЕМА**

Четвертичные отложения распространены на всей рассматриваемой территории. Они представлены аллювиальными, озерно-аллювиальными,

озерно-болотными, элювиальными, делювиальными образованиями. Элювиальные и делювиальные отложения распространены практически повсеместно, имеют малую мощность и на геологической карте не показываются. Аллювиальные отложения развиты по долинам рек – в руслах, пойменных и надпойменных террасах. На площади имеются отложения среднего, верхнего и современного звена четвертичной системы [1].

### Среднее звено

Среднее звено четвертичной системы представлено отложениями IV надпойменной террасы.

*Отложения IV надпойменной террасы (4QII)* сохранились в долине Нью ниже устья руч. Пактырачо, а также в среднем течении р. Июель-Тымпычан. На исследуемом участке отложения распространены только в центре. Наиболее полным является разрез, вскрытый на левом склоне р. Тымпычан (сверху вниз):

1. Суглинки бурые до черных с редкой галькой кварца (мощность 0,8 м)
2. Глины плотные тяжелые желтовато-серые с редкой галькой кварца и кремни размером до 2 см (мощностью 3,5 м)
3. Пески кварц-полевошпатовые желтовато-серые среднезернистые неслоистые (мощностью 0,9 м)
4. Галечно-гравийно-песчаные отложения. Грубообломочная фракция представлена галькой кварца, кремней, реже известняка. Размер гальки до 5 см, окатанность средняя и хорошая. В нижней части слоя встречаются обломки зеленовато-серых мергелей (мощностью 0,7 м) [1].

Ниже залегают выветрелые кирпично-красные мергели верхоленской свиты. Общая мощность данного размера 6,0 м. В целом, по площади мощность не превышает 8,0 м.

Минералогический состав тяжелой формации (%): ильменит – 59,8; магнетит – 19,5; гроссуляр-андрадит – 9,8; альмандин – 7,5; циркон – 1,5; рутил – 0,8; пироксен моноклинный – 0,8; дистен – 0,2.



## Верхнее звено

К верхнему звену относятся: аллювий III и II надпойменных террас, водно-ледниковые отложения древних (верхнеплейстоценовых) долин и депрессий, преимущественно карстового генезиса [1].

*Отложения III надпойменной террасы (3Q<sub>III</sub>)* развиты по всем основным водотокам рассматриваемой площадки, небольшими площадями. К настоящему времени сохранились фрагментарно и представлены нижними частями разреза. Типичным для района и наиболее изученным является разрез, вскрытый на левобережье р. Тымпычан в 5,0 км от устья. Разрез представлен:

1. Галечники песчано-глинистые кирпично-бурого цвета. Глина составляет 15%, песок – 35-45%, галька и гравий – 40-50%. Галька экзотических пород размером до валунов (мощностью 0,8 м).

2. Галечники гравийно-песчаные бурого цвета. Гравийно-галечный материал (до 80%) представлен хорошо окатанными экзотическими породами и, частично, уплощенными слабо окатанными обломками местных терригенно-карбонатных пород, количество которых уменьшается к нижней части разреза (мощность 2,2 м).

Ниже залегают элювиальные образования на породах верхоленской свиты. Представлены они глинистыми алевритами серовато-голубыми и кирпично-красными.

Тяжелая фракция шлихов из отложений террасы характеризуется магнетит-гранат-ильменитовой ассоциацией. Кроме того, присутствуют моноклинный пироксен, алмаз, циркон, дистен, рутил и др.

*Отложения II надпойменной террасы (2Q<sub>II</sub>)* на исследуемой территории выходят на поверхность в центре, небольшой площадью. Представлены галечниками, песками и илами. На правобережье р. Тымпычан вскрыты:

1. Суглинки грязно-желтые рыхлые с редкой галькой кварца и кремня (мощность 1,8 м)

2. Глины кирпично-красные, местами желтые и зеленовато-серые плотные с обломками (до 30%) щебня мергелей (мощность 2,2 м)

3. Пески глинистые с галькой и гравием (до 20%) экзотических пород. Пески разнозернистые кварц-полевошпатовые. В середине интервала содержатся неокатанные обломки (до 8 см) выветрелых известняков и линзы песка (мощность 3,5 м).

Общая мощность 7,5 м.

Ниже залегают мергели кирпично-красные верхоленской свиты.

По комплексу минералов тяжелой фракции пески характеризуются гранат-ильменит-лимонит-пироксеновой ассоциацией.

### **Современное звено**

*Отложения современного звена ( $Q_{IV}$ )* представлены пойменным и русловым аллювием, озерно-речными, озерно-болотными, элювиальными и делювиальными образованиями. Отложения распространены точечно, небольшими площадями [1].

Нижние части пойменного аллювия сложены галечно-гравийно-песчаными образованиями, а верхние - илистыми песками и песками.

Русловые отложения рек слагают косы и отмели, и состав их зависит от литологии размываемых рекой пород. Так, для тяжелой фракции русловых отложений наиболее характерны ассоциации: ильменит-альмандиновая (на юрских породах); лимонит-магнетитовая (на кембрийских породах); ильменит-магнетит-пироксеновая (на участках развития траппов). Мощность 0,5-5,0 м.

Озерно-речные отложения развиты в истоках рек и верхних частях ручьев. Представлены они илистыми песками, илисто-глинистыми образованиями. Мощность 2-3 м.

Делювиальные образования развиты повсеместно по склонам речных долин, представлены щебнисто-глинистыми, супесчаными и суглинистыми разностями. Мощность до 4 м.

## 1.4 Гидрогеологические условия

В гидрогеологическом отношении район работ принадлежит Нюйско-Джербинскому артезианскому бассейну III порядка, входящему в Среднеленский артезианский бассейн II порядка.

На территории Ленского месторождения встречаются следующие водоносные горизонты:

1) поровые надмерзлотно-почвенные грунтовые воды, приуроченные к почвенно-растительному слою и к четвертичным отложениям зоны сезонного промерзания и оттаивания;

2) водоносный горизонт поровых вод, приуроченный к четвертичным отложениям делювиального и элювиального генезиса;

3) водоносный горизонт трещинных подземных вод, приуроченный к кембрийским скальным и полускальным породам;

4) техногенный водоносный горизонт, чаще всего образуется в водопроницаемых насыпных грунтах, отсыпанных на водоупорные глинистые грунты. Может образоваться также за счет перетекания поверхностных и подземных вод при вскрытии водопроницаемого, но не водонасыщенного слоя грунтов.

Водоносность слоя надмерзлотно-почвенных поровых вод изменяется в очень широких пределах в зависимости от сезона года. Максимальных значений достигает в период весеннего снеготаяния и обильных ливневых осадков в тёплый период года. В этот период происходит интенсивное водонасыщение нижней части растительного слоя (переплетение корневой системы и стеблей мхов и трав, растительных остатков), почвенного слоя и верхней части разреза минеральных грунтов по мере оттаивания сезонномерзлого слоя. Водоупором для них являются кровля не оттаявших сезонномерзлых или многолетнемерзлых грунтов, кровля слабоводопроницаемых глинистых грунтов. Малые уклоны поверхности и климатические условия района способствуют длительному

периоду осушения этого водоносного слоя, которое наблюдается в теплые и длительные сухие периоды года. Зимой слой перемерзает.

Со слоем надмерзлотно-почвенных поровых вод связаны отрицательные для освоения территории и для строительства процессы:

Воды указанного водоносного слоя скапливаются в понижениях природного рельефа, стекают в искусственные выемки: котлованы, шурфы, траншеи, скважины и т.д., частично или полностью заполняя их.

Происходит водонасыщение верхней части подстилающих глинистых грунтов, которые даже на территориях с прочными глинистыми грунтами полутвердой и твердой консистенции могут приобрести мягкопластичную и текучепластичную консистенцию. Мощность такого водонасыщенного слоя, как правило, невелика: 0,1-0,5 м, реже больше, но он осложняет продвижение техники, при строительстве иногда требуется его замена более прочными грунтами. В зависимости от мощности данного слоя, местоположения в рельефе, растительного покрова поверхности, этот слой слабых водонасыщенных грунтов может полностью или частично просыхать, но может сохраняться в течение многих лет. В период истощения надмерзлотно-почвенных поровых вод активность их резко падает. В связи со слабой водоотдачей водонасыщенных глинистых грунтов, в этот период при бурении скважин они часто не фиксируются.

Продвижение техники (в первую очередь тяжёлой гусеничной и колёсной) по природной поверхности приводит к образованию колеи, которая дренирует воды надмерзлотно-почвенного горизонта и по которой происходит сток воды вниз по рельефу. Происходит размыв грунтов в колее, образуются промоины, возможно образование небольших оврагов. На площадках при снятии почвенного слоя и при планировке поверхности в процессе работы техники верхняя часть этого слоя разрыхляется, образуя разжиженную труднопроходимую грунтовую массу.

Водоносный горизонт поровых вод четвертичных отложений сложен песками, супесями, суглинками, глинами, дресвяно-щебенистыми грунтами. Водоносность слоя четвертичных отложений на каждом конкретном участке зависит от преобладания тех или иных грунтов, обладающих различными фильтрационными свойствами. Местами подземные воды слабонапорные. Величина напора зависит от взаимного расположения слоев грунтов водопроницаемых или практически водоупорных.

Трещинные подземные воды приурочены к трещиноватым зонам доломитов и мергелей. Водообильность на каждом конкретном участке зависит от степени трещиноватости пород, наличия и состава заполнителя в трещинах. Подземные воды часто напорные. Наибольшей водообильностью обладают участки трещиноватых доломитов с открытыми трещинами. Мергели верхней части разреза, как правило, имеют плотное сложение и практически водоупорные. Однако на отдельных участках и в отдельных интервалах могут быть встречены обводненные зоны дробления и повышенной трещиноватости. Повышенная трещиноватость может наблюдаться в слоях и прослоях относительно более прочных мергелей.

Толща скальных и полускальных карбонатно-глинистых пород, как правило, неоднородна по составу, прочности пород и по характеру цементационных связей. На участках с преобладанием пород низкой и очень низкой прочности в их толще много прослоев, линз, маломощных слоёв более прочных пород, с более крепкими цементационными связями. В процессе выветривания основная часть, представленная менее прочным грунтом, разрушается либо до глинистого состава, либо до крупнообломочного с глинистым заполнителем между обломками. В массиве такой грунт, как правило, плотный, слабоводопроницаемый или водонепроницаемый. Более сцементированные разности в слоях, прослоях и линзах при выветривании разрушаются до трещиноватых скальных (полускальных) пород, либо до крупнообломочных с трещинами и промежутками между крупными обломками,

частично или полностью свободными от заполнителя. Такие грунты могут обладать высокими фильтрационными свойствами и часто аккумулируют в себе подземные воды. Объём подземных вод в этих слоях, прослоях и линзах изменяется в очень широких пределах. Некоторые прослои имеют сквозной характер и имеют постоянный источник пополнения воды. В таких случаях в скважинах прослеживается как уровень появления, так и установившийся уровень. В замкнутых линзах, прослоях запасы воды небольшие, при бурении она может стечь на дно скважины, не достигая отметки залегания данного появления воды. В этом случае на разрезах геологических скважин фиксируется только уровень появления воды.

Исходя из вышеизложенного, подземные воды могут быть встречены локально на разных глубинах и на разных участках одной площадки. Уровни появления и установления их фиксируются на разных глубинах. Практика изысканий на данной территории показала, что такие воды могут быть встречены одной скважиной и отсутствовать в другой, расположенной недалеко.

При хозяйственном освоении территории, в результате нарушения природного равновесия и вскрытия грунтов с высокими фильтрационными свойствами, могут быть созданы условия для их обводнения за счет фильтрации атмосферных осадков, утечек из водонесущих коммуникаций, через дно или борта обводненных котлованов и траншей и т.д.

Для исследуемой территории характерно наличие поровых вод четвертичных отложений, приуроченных к слоям песчаных и крупнообломочных грунтов (с малым содержанием заполнителя или при его отсутствии), которые часто не связаны между собой, поэтому глубины появления и уровни установления на разных участках могут различаться.

Подземные воды порового типа четвертичных отложений, приуроченные:

- к выдержанным слоям крупнообломочных грунтов с различной водопроницаемостью и вскрываются на участках с малым содержанием

глинистого заполнителя, с наличием пустот между крупными обломками; установившийся уровень зафиксирован на глубине 2,5 м (уровень появления 2,5 м); подземные воды поровые, безнапорные; по химическому составу подземные воды сульфатногидрокарбонатные магниевые кальциевые пресные умеренно жесткие нейтральные;

- к толще суглинка мягкопластичного с водонасыщенными прослойками и линзами песка. Установившиеся уровни фиксируются на глубине 1,0 м (уровень появления 2,0 м); подземные воды поровые, с очень слабым напором; по химическому составу подземные воды сульфатногидрокарбонатные магниевые кальциевые пресные умеренно жесткие нейтральные.

Согласно п.5.4.8 СП 22.13330.2016 [59] на период изысканий выделяются как естественно подтопленные участки (с глубинами залегания уровня подземных вод менее 3 м), так и неподтопленные участки (где уровень подземных вод залегает на глубине 4,1-9,0 м или не встречен).

Наличие на территории работ процессов подтопления позволяет отнести её согласно табл. 5.1 СП 115.13330-2016 [55] к категории умеренно опасной по подтоплению, а на участках с многолетнемерзлыми грунтами, залегающих с поверхности (учитывая возможность появления надмерзлотных подземных вод) относится к весьма опасной категории по подтоплению.

Подземные воды, согласно СП 28.13330.2017 [62] Приложение В (табл.В.3), не попадают в категорию агрессивных по бикарбонатной щёлочности, по водородному показателю pH и по содержанию агрессивной углекислоты к бетону марки W4 и W6.

По содержанию магниевых солей в перерасчете на ион  $Mg^{2+}$ ; аммонийных солей в перерасчете на ион  $NH_4^+$ ; едких щелочей в перерасчете на ионы  $Na^+$  и  $K^+$  подземные воды не попадают в категорию агрессивных.

Подземные воды, согласно СП 28.13330.2017 [62] Приложение Г (табл.Г.2), по содержанию хлоридов на арматуру железобетонных конструкций из бетона марки по водопроницаемости не менее W6 при периодическом

смачивании и при постоянном погружении не попадают в категорию агрессивных.

По степени агрессивности на металлические конструкции при свободном доступе кислорода в интервале температур от 0 до 50 градусов и скорости движения до 1 м/с, подземные воды среднеагрессивные по водородному показателю рН и по суммарной концентрации сульфатов и хлоридов (согласно таблице Х.3 Приложение Х СП 28.13330.2012).

Подземные воды, согласно РД №34.20.508 (табл. П11.2), по отношению к свинцовой оболочке кабеля от низкой до средней коррозионной агрессивности по водородному показателю рН, от средней до высокой коррозионной агрессивности по общей жесткости и низкой – по массовой доле нитрат-иона.

Подземные воды, согласно РД №34.20.508 (табл. П11.4), по отношению к алюминиевой оболочке кабеля от низкой до средней коррозионной агрессивности по водородному показателю рН и по массовой доле хлор-иона, низкой – по массовой доле ион железа.

По химическому составу поверхностные воды сульфатногидрокарбонатные магниевокальциевые пресные умеренно жесткие нейтральные:

Поверхностные воды, согласно СП 28.13330.2017 [62] Приложение В (табл.В.3), не попадают в категорию агрессивных по бикарбонатной щёлочности, по водородному показателю рН и по содержанию агрессивной углекислоты к бетону марки W4 и W6.

По содержанию магнизальных солей в перерасчете на ион  $Mg^{2+}$ ; аммонийных солей в пересчете на ион  $NH_4^+$ ; едких щелочей в перерасчете на ионы  $Na^+$  и  $K^+$  поверхностные воды не попадают в категорию агрессивных.

Поверхностные воды, согласно СП 28.13330.2017 [62] Приложение Г (табл.Г.2), по содержанию хлоридов на арматуру железобетонных конструкций из бетона марки по водопроницаемости не менее W6 при периодическом



смачивании и при постоянном погружении не попадают в категорию агрессивных.

По степени агрессивности на металлические конструкции при свободном доступе кислорода в интервале температур от 0 до 50 градусов и скорости движения до 1 м/с, поверхностные воды среднеагрессивные по водородному показателю рН и по суммарной концентрации сульфатов и хлоридов (согласно таблице Х.3 Приложение Х СП 28.13330.2017 [62]).

Поверхностные воды, согласно РД №34.20.508 (табл. П11.2), по отношению к свинцовой оболочке кабеля от низкой до средней коррозионной агрессивности по водородному показателю рН, от средней до высокой коррозионной агрессивности по общей жесткости и низкой – по массовой доле нитрат-иона.

Поверхностные воды, согласно РД №34.20.508 (табл. П11.4), по отношению к алюминиевой оболочке кабеля от низкой до средней коррозионной агрессивности по водородному показателю рН и по массовой доле хлор-иона, низкой – по массовой доле ион железа.

### **1.5 Геологические и инженерно-геологические процессы и явления**

В пределах изучаемого района развит комплекс инженерно-геологических процессов, обусловленных геоморфологическими, мерзлотными и литологическими условиями: физическое и химическое выветривание, карст, сезонное и многолетнее промерзание грунтов, морозное пучение грунтов, процессы заболачивания и подтопления территории.

Широко распространены на изучаемой территории процессы физико-химического выветривания. Это проявляется в широком распространении элювиальных пород как в плане, так и по глубине. Агентами физического (и, в меньшей степени, химического) выветривания являются, в первую очередь, воды атмосферных осадков и криогенные процессы в зоне сезонного промерзания-оттаивания грунтов. Процессы сезонного промерзания и сопровождающие их

процессы физического выветривания способствуют систематическому изменению характера сложения грунтов – их разуплотнению.

Широкое развитие в юго-западной части Республики Саха (Якутия) карбонатных пород (доломитов) обеспечивает возможность проявления карста. На данной территории выявлен карст двух типов: поверхностный (воронки, западины) и подземный карст (карстовые полости, заполненные доломитовой мукой, другими вторичными продуктами выветривания). По составу пород тип карста – карбонатный, образуется в труднорастворимых доломитах.

На территории проектируемых объектов по результатам рекогносцировочного обследования трасс инженерных коммуникаций поверхностных проявлений карста не обнаружено, в процессе бурения скважин провалов инструмента в карстовые полости не наблюдалось, подземные проявления карста также не встречены.

Категория устойчивости территории относительно карстовых провалов по интенсивности провалообразования – V (согласно табл.5.1 СП 11-105-97 [52], часть II). Интенсивность провалообразования (среднегодовое количество провалов на 1 км<sup>2</sup> территории (случаи/км<sup>2</sup> в год) – не более 0,01. По устойчивости относительно средних диаметров карстовых провалов территория относится к категории В, согласно табл.5.2 СП 11-105-97 [52], часть II (средние диаметры карстовых провалов – до 10 м).

Таким образом, общая категория устойчивости территории относительно карстовых провалов – V-В.

Наличие на территории работ процессов возможного появления карста позволяет отнести её согласно табл. 5.1 СП 115.13330-2016 [55] к категории умеренно опасной по карстообразованию.

Согласно п.5.2.12 СП 11-105-97, часть II [52], даже при очень низкой вероятности появления провалов, их образование не исключается. При хозяйственном освоении территории распространения потенциально опасных в отношении карстообразования пород необходимо предусматривать

водозащитные мероприятия для предотвращения инфильтрации в такие породы атмосферных осадков, вод из поверхностных водотоков и водоёмов, техногенных вод. Не допускать утечек в доломиты вод кислого состава.

Район строительства расположен в зоне островного и прерывистого развития многолетнемерзлых грунтов. Многолетнемерзлые грунты островного распространения в период работ вскрыты с поверхности и с глубины 0,4-4,0 м, глубина залегания нижней границы толщи многолетнемерзлых грунтов изменяется до вскрытой глубины 5,0-15,0 м (глубина бурения инженерно-геологических скважин).

Торфа исследуемой территории водонасыщенные и относятся к сильно- и чрезмернопучинистым грунтам, но из-за высоких теплоизоляционных свойств (фактическое промерзание торфа на заснеженных территориях наблюдается до глубины 0,4-0,6 м) и высокой пористости, где силы пучения направленных вверх и вниз практически компенсируют друг друга, пучинистые свойства не оказывают негативного влияния на целостность сооружений.

Наличие на территории работ процессов пучения грунтов позволяет отнести её согласно табл. 5.1 СП 115.13330-2016 [55] к категории опасной по пучению.

Исследуемая территория на отдельных участках в понижениях рельефа со слабым поверхностным стоком подвержена процессу заболачивания. Процесс заболачивания и болотообразования вызван, главным образом, затрудненным поверхностным стоком на пологонаклонных равнинах с моховым покровом, переувлажнением и близким уровнем подземных вод. Заболоченные участки по проектируемым трассам района изысканий относятся к первому типу по степени и характеру увлажнения (согласно таблицы В.1 Приложения В СП 34.13330.2021 [64]), то есть грунтовые воды оказывают влияние на увлажнение толщи грунтов. Высокий уровень подземных вод и холодный климат приводят к заболачиванию территории.

Согласно п.5.4.8 СП 22.13330.2016 [59] на период изысканий выделяются как естественно подтопленные участки (с глубинами залегания уровня подземных вод менее 3 м), так и неподтопленные участки (где уровень подземных вод залегает на глубине 4,1-9,0 м или не встречен).

Согласно п.5.4.8 СП 22.13330.2016 [59] в целом территория изысканий характеризуется как неподтопленная в природном состоянии. В многоводные тёплые периоды года при оттаивании верхнего слоя возможно формирование надмерзлотных грунтовых вод, приуроченных к четвертичным отложениям зоны сезонного промерзания и оттаивания. Режим подземных вод не изучался. По аналогии с участками со сходным геологическим строением на данной территории можно прогнозировать повышение уровней на 0,5-1,0 м.

По характеру техногенного воздействия (согласно п.5.4.9 СП 22.13330.2016 [59]) при соблюдении технических требований при строительстве, а также хорошей организацией отвода поверхностных вод неподтопленные участки можно отнести к неподтопляемым территориям.

Наличие на территории работ процессов подтопления позволяет отнести её согласно табл. 5.1 СП 115.13330-2016 [55] к категории умеренно опасной по подтоплению, а на участках с многолетнемерзлыми грунтами, залегающих с поверхности (учитывая возможность появления надмерзлотных подземных вод) относится к весьма опасной категории по подтоплению.

Согласно СП 14.13330.2018 [57] (строительство в сейсмических районах) район строительства проектируемых объектов расположен на территории с расчетной сейсмической интенсивностью для объектов основного строительства 6 баллов (карты ОСР-2015-А,В,С). Согласно табл.4.1 СП 14.13330.2018 [57] категория грунтов по сейсмическим свойствам – II. Согласно табл. 5.1 СП 115.13330-2016 [55] территория изысканий относится к умеренно опасной по землетрясению.

Другие инженерно-геологические процессы и явления (оползневые, размыв берегов водотоков и водоемов и др.) и инженерно-геокриологические

процессы (солифлюкция, морозобойное растрескивание, многолетнее криогенное пучение, термокарстовые проявления), требующие разработки инженерной защиты и дополнительных изысканий, на изучаемых участках не обнаружены.

Территория изысканий достаточно хорошо изучена и освоена. Деформаций оснований зданий и сооружений, связанных с инженерно-геологическими условиями, в процессе их строительства и эксплуатации ранее не происходило. Существенных изменений инженерно-геологических условий на участке после строительства не ожидается (при соблюдении требований нормативных документов по строительству и эксплуатации сооружений).

В соответствии с СП 47.13330.2016 (Приложение А) [66] и СП 11-105-97 часть IV (Приложение Б) [54], категория сложности инженерно-геологических условий территории II (средняя) по сочетанию факторов в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой (геологических, геокриологических, гидрогеологических условий и фактору наличия инженерно-геологических процессов и специфических грунтов).

## **2 Специальная часть. Инженерно-геологическая характеристика участка проектируемых работ**

### **2.1 Рельеф участка**

По геоморфологическому признаку вся территория изысканий отнесена к одному району – холмистая равнина водораздельного пространства долины реки Нюя и ее притоков. Рельеф эрозионно-денудационный пологоволнистый с уклоном поверхности до 60.

В пределах этого района по рельефу, уклону и характеру поверхности, по ландшафтным, гидрогеологическим и гидрологическим условиям выделено два подрайона:

- подрайон I – водоразделы и пологие склоны водоразделов с относительно хорошим поверхностным стоком и сухой поверхностью;
- подрайон II – долины рек и постоянных мелких водотоков.

В пределах подрайона I по ландшафтным условиям выделено три участка:

- участок I-A – плакарный тип местности, склоны, покрытые лиственнично-сосновыми зеленомошными лесами;
- участок I-B – склоны пологие слабоувлажненные, покрытые лиственничными лесами с сосной, елью, кедром сибирским бруснично-зеленомошные;
- участок I-B – склоны пологие увлажненные, расчлененные ложбинами стока, покрытые лиственничными лесами с сосной, елью, кедром сибирским багульниково- и голубично-зеленомошные.

### **2.2 Состав и условия залегания грунтов и закономерности их изменчивости**

В геологическом строении рассматриваемого участка принимают участие средне-верхнекембрийские полускальные и скальные карбонатные и карбонатно-глинистые отложения (€2-3), представленные мергелями,

доломитами и алевролитами. Местами кембрийские отложения перекрыты полускальными отложениями юрского возраста (J1), представленные алевролитами. Коренные кембрийские и юрские отложения перекрыты песчано-глинистым и крупнообломочным элювием этих пород (eQ), возраст которых условно принят четвертичным без более детального разделения. Элювиальные отложения представлены глинистыми (суглинками и супесями разной консистенции, с обломочным материалом), песчаными (песками разной крупности, с обломочным материалом) и крупнообломочными грунтами (щебенистый грунт). С поверхности элювиальные грунты перекрыты делювиальными глинистыми отложениями современного возраста (dQ<sub>IV</sub>), которые представлены глинистыми грунтами (глинами, суглинками и супесями разной консистенции).

На территории изысканий местами встречаются заболоченные участки, верхняя часть разреза которых сложена органическими грунтами озерно-болотного генезиса – торфом средней степени разложения. Мощность торфа – 0,2 м. Фрагмент геологической карты дочетвертичных отложений участка района работ приведен в Приложении А.

Район строительства расположен в зоне островного и прерывистого развития многолетнемерзлых грунтов. Незначительная часть территории изысканий находится на площади распространения талых грунтов, местами с поверхности грунты находятся в сезонномерзлом состоянии до глубины 2,0 м.

Литологические разности, слагающие разрез, в пределах исследуемой территории залегают преимущественно горизонтально и относительно выдержанно в плане и по глубине.

## 2.3 Физико-механические свойства грунтов

### 2.3.1 Выделение и характеристика инженерно-геологических элементов

Статистическую обработку характеристики и показателей проводят для вычисления нормативных и расчетных значений свойств грунтов. Основной единицей является инженерно-геологический элемент. Инженерно-геологический элемент (ИГЭ) – объем грунта однородного и того же номенклатурного вида при соблюдении одного из следующих условий:

- характеристики грунта изменяются в пределах элемента закономерно;
- существующая закономерность в изменении характеристик такова, что ей можно пренебречь.

Правильность выделения ИГЭ проверяют на основе оценки пространственной изменчивости характеристик, используя при этом следующие показатели свойств грунта:

- для крупнообломочных грунтов - гранулометрический состав;
- для глинистых грунтов - характеристики пластичности (пределы и число пластичности), коэффициент пористости и влажность.

Характер пространственной изменчивости показателей свойств грунта устанавливают на основе качественной оценки распределения их частных значений по глубине ИГЭ. Для этого строят графики. Оценку пространственной изменчивости проводят отдельно по каждой характеристике грунта.

Если установлено, что изменение характеристик грунта не закономерно по глубине инженерно-геологического элемента, переходят к вычислению нормативных и расчетных значений характеристик.

Для выделения ИГЭ необходимо оценить характер пространственной изменчивости свойств грунтов. Характеристики грунтов в каждом предварительно выделенном ИГЭ анализируют с целью установить и исключить



значения, резко отличающиеся от большинства значений, если они вызваны ошибками в опытах или принадлежат другому ИГЭ.

По результатам выполненных инженерно-геологических работ, на разведанную глубину, согласно ГОСТ 20522-2012 [31], в районе изысканий выделены инженерно-геологические элементы (ИГЭ).

Талые грунты представлены глинами, суглинками, супесями, песчаными, щебенистыми, скальными и полускальными грунтами, торфами и разделены на следующие инженерно-геологические элементы:

ИГЭ-1 – Почвенно-растительный слой, встречается повсеместно. Мощность слоя 0,1-0,2 м.

ИГЭ-2 – Торф верховой коричневый среднеразложившийся, очень влажный. Вскрыт с поверхности до глубины 0,2-0,7 м.

ИГЭ-3 – Суглинок делювиальный, коричневый, легкий, мягкопластичный, местами с примесью органических веществ, незасоленный, сильнопучинистый. Имеет широкое до глубины 0,6-1,0 м, мощностью 0,4-0,8 м.

ИГЭ-4 – Супесь делювиальная, коричневая, пластичная, незасоленная, среднепучинистая. Имеет ограниченное распространение с поверхности под почвенно-растительным слоем до глубины 0,7 м и с глубины до 1,8 м, мощностью 0,5-0,8 м.

Район строительства расположен в зоне островного и прерывистого развития многолетнемерзлых грунтов. Многолетнемерзлые грунты островного распространения в период работ вскрыты с поверхности и с глубины 0,2-1,8 м, глубина залегания нижней границы толщи многолетнемерзлых грунтов изменяется до вскрытой глубины 5,0-15,0 м (глубина бурения инженерно-геологических скважин).

Многолетнемерзлые грунты представлены суглинками, супесями, песками, щебенистыми, скальными и полускальными грунтами и разделены на следующие инженерно-геологические элементы:

ИГЭ-5 – Суглинок делювиальный, коричневый, твердомерзлый, слоистой криотекстуры, после оттаивания легкий, текучепластичный, местами с примесью органических веществ, незасоленный, чрезмернопучинистый. Прослеживается с глубины 0,4-2,5 м до глубины 1,0-2,0 м, мощностью 0,5-2,0 м. В мерзлом состоянии льдистость за счет видимых ледяных включений составляет 0,060-0,106 (слабольшедистые грунты). Ледяные включения встречаются в виде частых прожилков и линзочек льда мощностью до 5-10 мм.

ИГЭ-6 – Супесь элювиальная, серая, твердомерзлая, слоистой криотекстуры, после оттаивания пластичная, песчаная, незасоленная, сильнопучинистая, непросадочная, ненабухающая. Вскрыта с глубины 1,3-2,6 м до глубины 2,8-4,5 м, мощностью 0,9-1,9 м. В мерзлом состоянии льдистость за счет видимых ледяных включений составляет 0,023-0,051 (неледистые и слабольшедистые грунты). Ледяные включения встречаются в виде небольших кристаллов и гнезд льда, мощность их, как правило, не превышает 2-5 мм.

ИГЭ-7 – Суглинок делювиальный, коричневый, твердомерзлый, слоистой криотекстуры, после оттаивания легкий, мягкопластичный, незасоленный, сильнопучинистый. Имеет широкое распространение с глубины 0,4-2,5 м до глубины 1,1-4,3 м, мощностью 0,4-3,1 м. В мерзлом состоянии льдистость за счет видимых ледяных включений составляет 0,041-0,068 (слабольшедистые грунты). Ледяные включения встречаются в виде редких тонких прослоек и линзочек льда, мощность их не превышает 3-5 мм.

ИГЭ-8 – Суглинок элювиальный, серый, твердомерзлый, местами пластичномерзлый, слоистой криотекстуры, после оттаивания легкий, мягкопластичный, местами с примесью органических веществ, незасоленный, сильнопучинистый, непросадочный, ненабухающий. Вскрыт с глубины 1,1-4,3 м до глубины 2,1-7,7 м, мощностью 0,6-4,9 м. В мерзлом состоянии льдистость за счет видимых ледяных включений составляет 0,035-0,083 (слабольшедистые грунты). Ледяные включения встречаются в виде редких тонких прожилков и линзочек льда, мощность их не превышает 3-5 мм.

ИГЭ-9 – Суглинок элювиальный, серый, твердомерзлый, местами пластичномерзлый, массивной криотекстуры, после оттаивания тяжелый, тугопластичный, с щебнем мергеля и алевролита до 10-20%, незасоленный, среднепучинистый, непросадочный, ненабухающий. Вскрыт с глубины 0,4-5,3 м до глубины 2,8-15,0 м, мощностью 0,4-4,8 м. В мерзлом состоянии льдистость за счет видимых ледяных включений составляет 0,012-0,030 (нельдистые грунты). Ледяные включения встречаются в виде редких тонких прожилков и линзочек льда, мощность их, как правило, не превышает 1-2 мм.

ИГЭ-10 – Щебенистый грунт мергеля с суглинистым заполнителем до 30%, твердомерзлый, массивной криотекстуры, местами корковой, после оттаивания заполнитель – суглинок тугопластичный до полутвердого, непучинистый. Имеет повсеместное распространение на разных глубинах, с глубины 2,8-5,7 до глубины 4,4-9,2 м, мощностью 1,0-4,3 м. В мерзлом состоянии глинистый заполнитель обладает льдистостью за счет видимых ледяных включений 0,017-0,029 (нельдистые грунты).

ИГЭ-11 – Мергель серый, глинистый доломитовый, морозный, после оттаивания низкой прочности, средней плотности, среднепористый, сильновыветрелый, размягчаемый. Показатель качества породы RQD 85-90%, коэффициент трещинной пустотности КТП < 0,1%. Вскрыт с глубины 2,5-9,2 м до глубины 5,0-12,9 м, мощность слоя составляет 0,5-8,1 м.

ИГЭ-12 – Доломит серый, мелкозернистый, кальцитизированный с примесью глинистого материала, морозный, после оттаивания средней прочности, плотный, среднепористый, средневыветрелый, размягчаемый. Показатель качества породы RQD 90-95%. коэффициент трещинной пустотности КТП < 0,1%. Вскрыт с глубины 2,4-12,9 м до изученной глубины 10,0-15,0 м, вскрытая мощность слоя составляет 2,1-8,6 м.

Для оценки пространственного изменения свойств грунтов в программе Excel построены графики изменения показателей свойств с глубиной.

Торф. ИГЭ-2 – Торф верховой коричневый среднеразложившийся, очень влажный

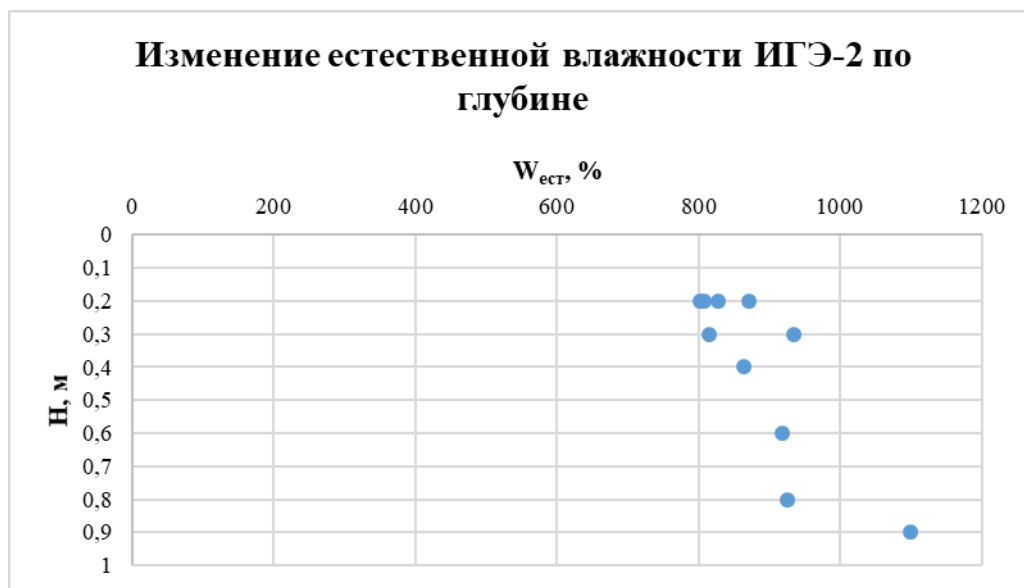


Рисунок 2.1. График изменения естественной влажности ИГЭ-2 по глубине



Рисунок 2.2. График изменения плотности грунта ИГЭ-2 по глубине

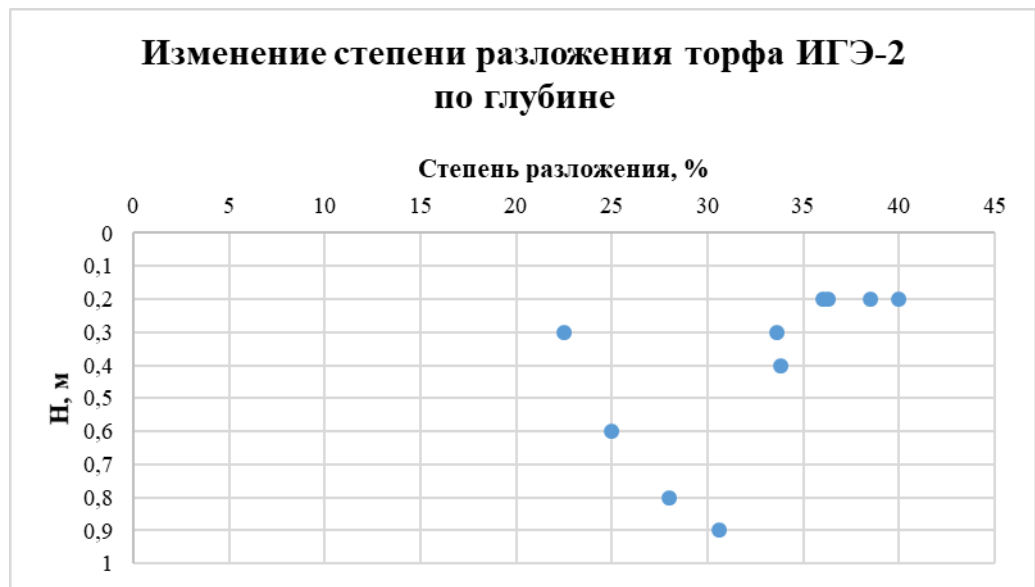


Рисунок 2.3. График изменения степени разложения торфа ИГЭ-2 по глубине

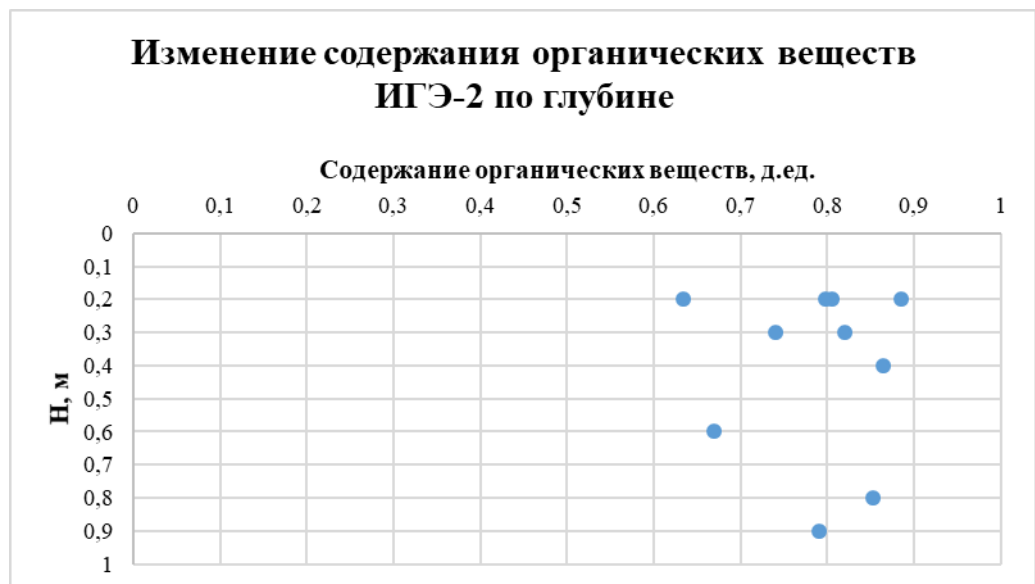


Рисунок 2.4. График изменения содержания органических веществ ИГЭ-2 по глубине

Глинистый грунт. ИГЭ-6 – Супесь элювиальная, серая, твердомерзлая, слоистой криотекстуры, после оттаивания пластичная, песчанистая, незасоленная, сильнопучинистая, непрсадочная, ненабухающая.



Рисунок 2.5. График изменения суммарной влажности ИГЭ-6 по глубине



Рисунок 2.6. График изменения влажности на границе текучести ИГЭ-6 по глубине

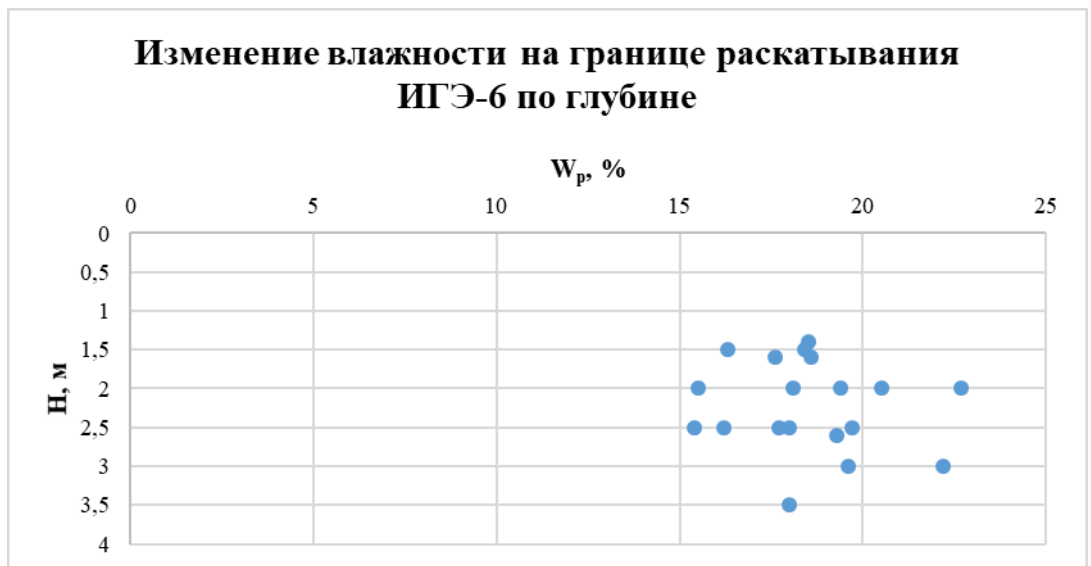


Рисунок 2.7. График изменения влажности на границе раскатывания ИГЭ-6 по глубине

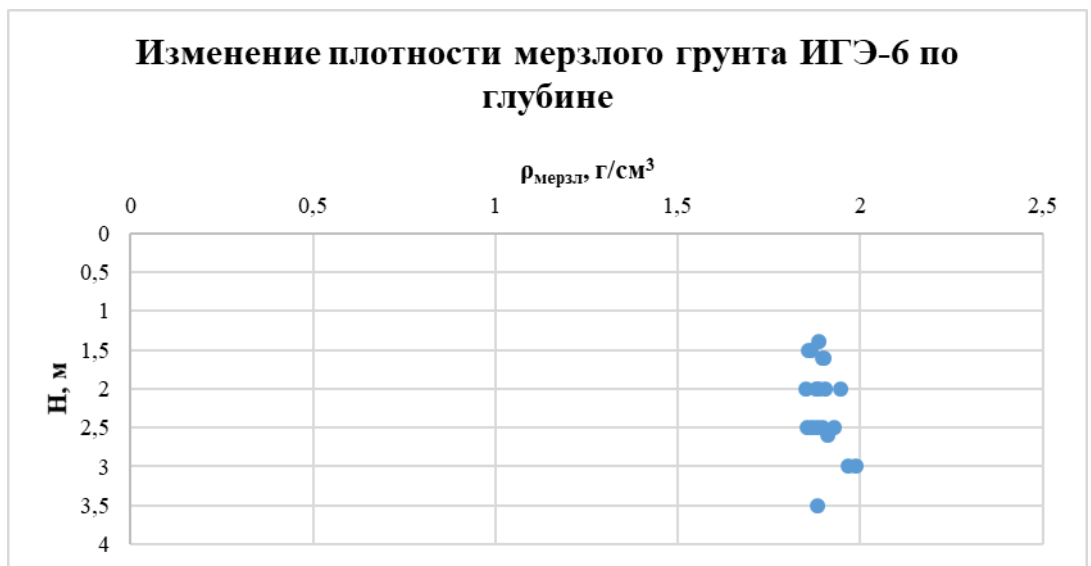


Рисунок 2.8. График изменения плотности мерзлого грунта ИГЭ-6 по глубине

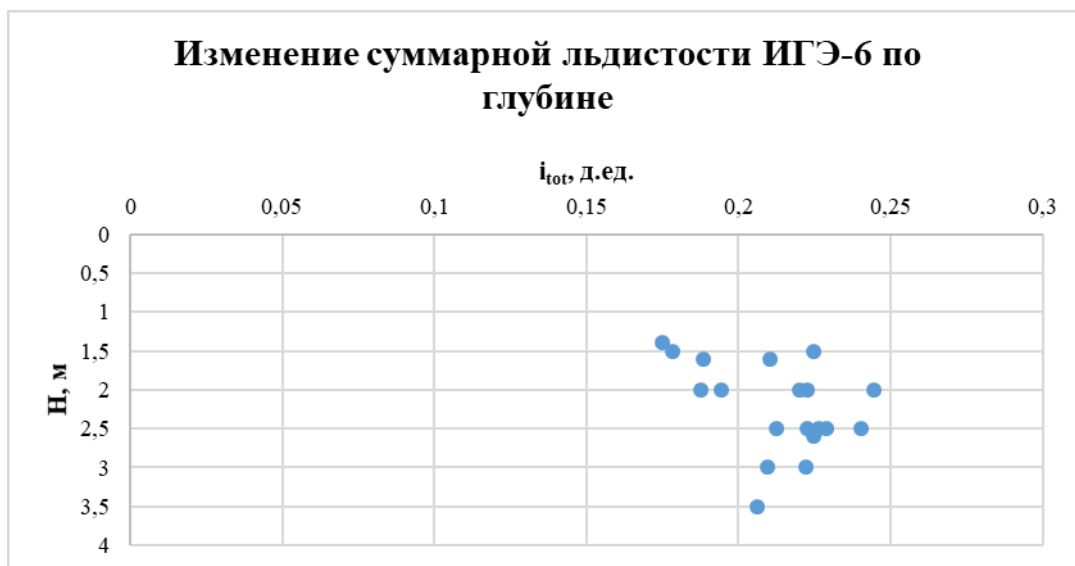


Рисунок 2.9. График изменения суммарной льдистости ИГЭ-6 по глубине

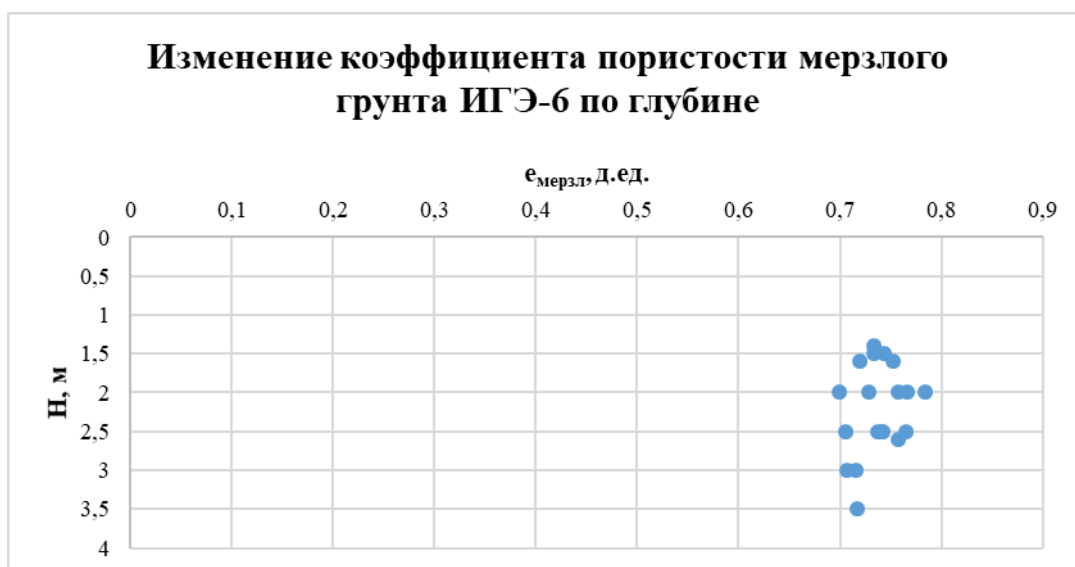


Рисунок 2.10. График изменения коэффициента пористости мерзлого грунта ИГЭ-6 по глубине

Крупнообломочный грунт. ИГЭ-10 – Щебенистый грунт мергеля с суглинистым заполнителем до 30%, твердомерзлый, массивной криотекстуры, местами корковой, после оттаивания заполнитель – суглинок тугопластичный до полутвердого, непучинистый.





Рисунок 2.11. График изменения гранулометрического состава (фракция > 10 мм) ИГЭ-10 по глубине



Рисунок 2.12. График изменения суммарной влажности ИГЭ-10 по глубине



Рисунок 2.13. График изменения плотности мерзлого грунта ИГЭ-10 по глубине

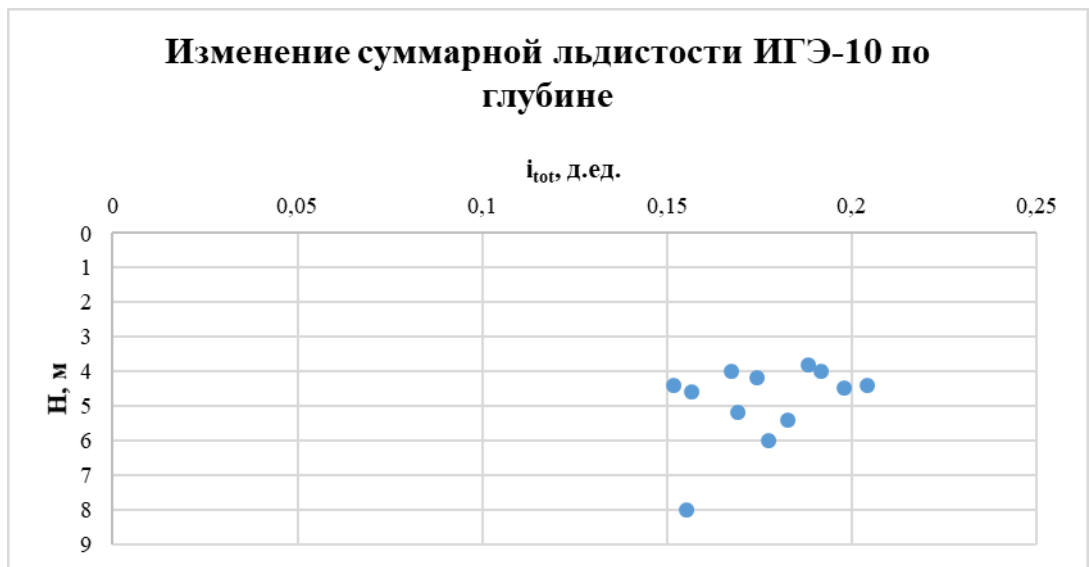


Рисунок 2.14. График изменения суммарной льдистости ИГЭ-10 по глубине



Рисунок 2.15. График изменения коэффициента пористости мерзлого грунта ИГЭ-10 по глубине

Скальный грунт. ИГЭ-11 – Мергель серый, глинистый доломитовый, морозный, после оттаивания низкой прочности, средней плотности, среднепористый, сильновыветрелый, размягчаемый. Показатель качества породы RQD 85-90%, коэффициент трещинной пустотности КТП < 0,1%.



Рисунок 2.16. График изменения влажности между включениями ИГЭ-11 по глубине



Рисунок 2.17. График изменения плотности грунта ИГЭ-11 по глубине

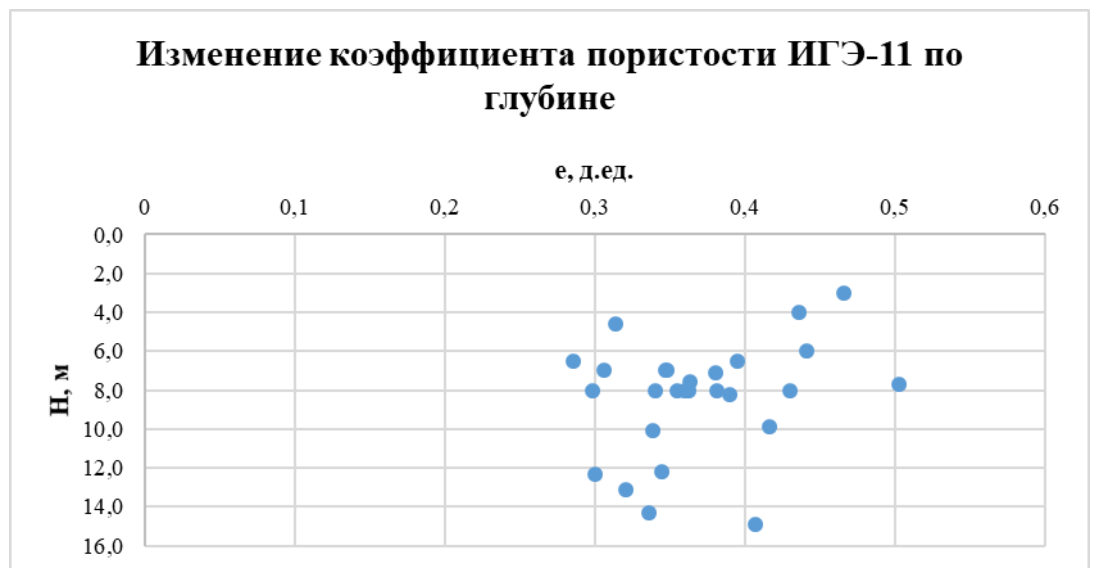


Рисунок 2.18. График изменения коэффициента пористости ИГЭ-11 по глубине

В качестве примера приведены графики изменения свойств для торфа, глинистого, крупнообломочного и скального грунтов.

### 2.3.2 Нормативные и расчетные показатели свойств грунтов

Нормативное значение характеристик инженерно-геологических элементов согласно ГОСТ 20522-2012 [31] следует рассчитывать, как среднее

значение показателей физико-механических свойств грунтов, выделенных ИГЭ.  
Формула для расчета представлена ниже:

$$X_n = \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i,$$

где  $n$  – число определений характеристики;

$X_i$  – частные значения характеристики, получаемые по результатам отдельных  $i$ -х опытов.

Расчетные значения характеристик грунта определяют с учетом их возможных отклонений в неблагоприятную сторону от их нормативных значений. Их следует устанавливать для характеристик, используемых в расчетах оснований и фундаментов (удельное сцепление, угол внутреннего трения, плотность и предел прочности на одноосное сжатие) и получают эти значения по следующей формуле:

$$X = \frac{X_n}{\gamma_g}, \quad (1)$$

где  $X_n$  – нормативное значение данной характеристики;

$\gamma_g$  - коэффициент надежности по грунту.

Коэффициент надежности по грунту рассчитывается по формуле:

$$\gamma_g = \frac{1}{1 - \rho_\alpha}, \quad (2)$$

где  $\rho_\alpha$  – это показатель точности (погрешности) среднего значения, рассчитываемый по формуле:

$$\rho_\alpha = \frac{t_\alpha V}{\sqrt{n}}, \quad (3)$$

где  $t_\alpha$  – коэффициент, принимаемый по таблице Е.2 приложения Е ГОСТ 20522-2012 [31] в зависимости от заданной односторонней доверительной вероятности  $\alpha$  и числа степеней свободы  $K = n - 1$ .

По СП 22.13330.2016 п.5.3.17 [59] доверительную вероятность расчетных значений характеристик грунтов принимают равной при расчетах оснований по первой группе предельных состояний 0,95, по второй группе - 0,85.

Таблицы нормативных и расчетных значений показателей свойств, выделенных ИГЭ представлены в Приложении Г.

## **2.4 Гидрогеологические условия**

Подземные воды на момент изыскания не встречены до исследуемой глубины.

## **2.5 Специфические грунты**

К специфическим грунтам на исследуемой территории, в соответствии с СП 47.13330.2016 [66] и СП 11-105-97 часть III [53], относятся элювиальные и органические (торфа) грунты.

Элювиальные грунты представлены продуктами выветривания кембрийских мергелей и доломитов: суглинки и супеси многолетнемерзлые, после оттаивания мягкопластичной, тугопластичной и полутвердой консистенции (ИГЭ-6, 8, 9), щебенистый грунт мергеля многолетнемерзлый (ИГЭ-10). Элювиальные грунты залегают на мергелях и доломитах.

Элювиальные суглинки, супеси и пески характеризуются неоднородным составом и плотностью. Среди них встречаются прослойки слабосцементированных разновидностей материнских пород.

По относительной деформации просадочности элювиальные глинистые грунты района изысканий относятся к непросадочным (относительная деформация просадочности  $\varepsilon_{sl}$  менее 0,01 согласно ГОСТ 25100-2020 табл. Б.18 [33]).

По степени свободного набухания элювиальные глинистые грунты района изысканий классифицированы согласно таблице В.1 Приложения В СП 11-105-97 (часть III) [53]:

- грунты ИГЭ-6 (супесь многолетнемерзлая, после оттаивания пластичная), ИГЭ-8 (суглинок многолетнемерзлый, после оттаивания мягкопластичный), ИГЭ-9 (суглинок многолетнемерзлый, после оттаивания тугопластичный) относятся к ненабухающим грунтам (относительная деформация набухания  $\epsilon_{sw}$  менее 0,04 согласно ГОСТ 25100-2020 табл. Б.17 [33]);

На территории изысканий местами встречаются заболоченные участки, верхняя часть разреза которых сложена органическими грунтами озерно-болотного генезиса – торфом средней степени разложения. Мощность торфа изменяется от 0,2 м до 0,4 м.

Такие участки имеют ограниченное распространение, и существенно не осложняют строительные работы. Основным мероприятием по устранению негативного влияния заболоченности является дренаж и правильная вертикальная планировка территории.

За основу разделения торфов на инженерно-геологические элементы взята естественная влажность, степень разложения торфа и его прочностные характеристики, определенные в полевых условиях методом вращательного среза сдвигомером-крыльчаткой.

По типу болот – торф верховой (ИГЭ-2).

Нормативное значение модуля деформации для торфов открытого залегания составляет 0,11-0,23 МПа (1,1-2,3 кгс/см<sup>2</sup>).

Согласно СП 11-105-97 часть III п.6.2.7 [53] основным видом полевых исследований прочностных свойств торфов является вращательный срез грунта в массиве с помощью крыльчатки для определения предельного сопротивления срезу. По результатам испытания торфов вращательным срезом в массиве (по ГОСТ 20276.5-2020 [30]) с помощью крыльчатки (СК-8) определены значения предельного сопротивления срезу. Частные значения удельного сопротивления торфов сдвигу по полевым изысканиям на данном участке изменяются: от 0,005 до 0,01 МПа – для ИГЭ-2.

Ботанический состав залежей разнообразный, торфа отличаются высокой обводненностью, пористостью, различной степенью разложения.

При проектировании следует учесть, что торфа относятся к сильно сжимаемым грунтам, с низкой несущей способностью.

По относительному содержанию органического вещества, определенному в лабораторных условиях, в соответствии с табл.Б.20 Приложения Б ГОСТ 25100-2020 [33] глинистые грунты (ИГЭ-5, 8) отдельными пробами характеризуются как глинистые грунты с примесью органического вещества (нормативное значение  $I_r$  0,049-0,078 д.ед.).

## **2.6 Геокриологические условия участка**

Район строительства расположен в зоне островного и прерывистого развития многолетнемерзлых грунтов. Незначительная часть территории изысканий находится на площади распространения талых грунтов, местами с поверхности грунты находятся в сезонномерзлом состоянии до глубины 2,0 м. Талые грунты имеют температуру от  $+0,1^{\circ}\text{C}$  до  $+1,0^{\circ}\text{C}$ .

Многолетнемерзлые грунты вскрыты с поверхности и с глубины 0,4-4,0 м в виде многолетнемерзлых массивов, прослеженных на всю изученную глубину до 5,0-15,0 м. Так как большая часть перелетков сохраняется на протяжении более 3 лет, они приравнены к многолетнемерзлым грунтам [33].

Многолетнемерзлые грунты представлены суглинками, супесями, щебенистыми, скальными грунтами. При оттаивании суглинки и супеси от полутвердой до текучепластичной консистенции. Криогенная текстура глинистых грунтов слоистая и массивная, ледяные включения встречаются в виде прослоек и линзочек льда мощностью от менее 1 мм до 5-10 мм. Криогенная текстура у щебенистых грунтов – массивная и корковая.

В мерзлом состоянии глинистые грунты обладают льдистостью за счет видимых ледяных включений 0,018-0,091 (нелдьистые и слабольдистые грунты – согласно табл.Б.26 ГОСТ 25100-2020 [33]).



Глинистый заполнитель крупнообломочных грунтов в мерзлом состоянии обладают льдистостью за счет видимых ледяных включений 0,020-0,029 (нелдистые грунты – согласно табл.Б.26 ГОСТ 25100-2020 [33]). Характеристики льдистости крупнообломочных грунтов приведены для глинистого заполнителя.

В скважинах, пробуренных на участках распространения многолетнемерзлых грунтов, было проведено полевое измерение температуры грунтов. Согласно геотермическим измерениям, выполненным при изысканиях на разных участках района работ, время выстойки скважин после окончания бурения не превышает трех суток. Многолетнемерзлые грунты (до изученной глубины 15 м ниже глубины сезонного оттаивания) имеют температуру от минус 0,4°С до минус 2,5°С.

По температурно-прочностным свойствам многолетнемерзлые грунты по находятся преимущественно в твердомерзлом состоянии, местами в пластичномерзлом состоянии.

Нормативная глубина сезонного оттаивания грунтов на участках распространения многолетнемерзлых грунтов (рассчитанная согласно рекомендациям СП 25.13330.2020 приложения Г [61]) составляет:

- для глинистых грунтов – 1,47-1,84 м,
- для крупнообломочных грунтов – 2,20-2,33 м.

Нормативная глубина сезонного оттаивания грунтов для многослойной толщи составляет 1,47-1,84 м.

По содержанию легкорастворимых солей ( $D_{sal}$  менее 0,5%), при выщелачивании которых изменяются плотность, связность, деформируемость, прочность грунтов, многолетнемерзлые грунты исследуемой территории по результатам химических анализов водных вытяжек относятся к незасоленным.

Следует отметить, что в связи с интенсивным освоением территории при разработке нефтяных месторождений в районе изменяется геокриологическая обстановка, местами может происходить увеличение глубины сезонного

промерзания, образование перелетков с сильнольдистыми породами. Среднегодовая температура грунтов в естественных условиях близка к 0°C, и малейшее нарушение этих условий может привести к оттаиванию мерзлоты или её новообразованию.

Решающее воздействие на температурный режим пород оказывает снежный покров. Сохранение снежного покрова в зимнее время и почвенно-грунтовых условий будет способствовать сохранению естественных процессов на участках развития многолетнемерзлых грунтов, сведение снежного покрова или увеличение его плотности - к новообразованию вечномерзлого грунта и пучению грунтов. Это необходимо учитывать при хозяйственном освоении территории.

## **2.7 Геологические процессы и явления на участке**

На участке изысканий широко развито глубокое сезонное промерзание грунтов.

Нормативная глубина сезонного промерзания для многослойной толщи составляет 1,6-1,8 м.

Многолетнемерзлые грунты представлены суглинками, супесями, песками, щебенистыми, скальными и полускальными грунтами. При оттаивании суглинки и супеси от полутвердой до текучепластичной консистенции. Согласно табл.Б.30 ГОСТ 25100-2020 [33] глинистые грунты нельдистые и слабольдистые. Согласно табл.Б.31 ГОСТ 25100-2020 [33] песчаные грунты льдистые.

Многолетнемерзлые грунты имеют температуру (до изученной глубины 15 м ниже глубины сезонного оттаивания) от минус 0,4°C до минус 2,5°C и находятся преимущественно в твердомерзлом состоянии согласно табл. Б.32 ГОСТ 25100-2020.

ММГ представлены нельдистыми и слабольдистыми грунтами, после оттаивания, которые имеют достаточно высокие прочностные и деформационные свойства, характеризуются незначительными величинами

осадки оттаивания. Коэффициенты оттаивания составляют для глинистых грунтов 0,020-0,103, для песчаных грунтов 0,037-0,045. Величина осадки грунтов на участках распространения многолетнемерзлых грунтов составит 0,020-0,140 м. Характеристики осадки приведены по результатам испытаний грунтов в лабораторных условиях.

Величина пучения грунтов на ближайших участках составила 0,027-0,153 м.

В связи со значительным промерзанием получили развитие процессы пучения грунтов.

## **2.8 Оценка категории сложности инженерно-геологических условий участка**

Оценка категории сложности инженерно-геологических условий устанавливается согласно СП 47.13330.2016 приложение Г [66] и СП 493.1325800.2020 приложение А [67].

По геоморфологическим условиям площадка района работ относится к I (простой) категории сложности, так как располагается в пределах одного геоморфологического элемента, поверхность слабонаклонная, нерасчлененная.

По геологическим условиям в сфере взаимодействия сооружения с геологической средой относится к I (простой) категории сложности. В предполагаемой сфере взаимодействия сооружения с геологической средой выделяется два слоя грунтов различных подвидов.

По гидрогеологическим условиям относится к I (простой) категории сложности, так как подземные воды отсутствуют.

По наличию геологических и инженерно-геологических процессов площадка района работ относится ко II (средней) категории сложности, так как не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений.

По техногенным воздействиям и изменению освоенных территорий относится к I (простой) категории сложности, так как они могут не учитываться при инженерно-геологических изысканиях и проектировании.

Таким образом, по совокупности факторов категория сложности площадки района работ оценивается как средней сложности и относится ко II категории.

## **2.9 Прогноз изменения инженерно-геологических условий участка в процесс изысканий, строительства и эксплуатации сооружения**

В связи с интенсивным освоением территории при разработке нефтяных месторождений в районе изменяется геокриологическая обстановка, местами может происходить увеличение глубины сезонного промерзания, образование перелетков с сильнольдистыми породами. Среднегодовая температура грунтов в естественных условиях близка к 0°C, и малейшее нарушение этих условий может привести к оттаиванию мерзлоты или её новообразованию, а также более широкому развитию пучинистости грунтов.

Решающее воздействие на температурный режим пород оказывает снежный покров. Сохранение снежного покрова в зимнее время и почвенно-грунтовых условий будет способствовать сохранению естественных процессов на участках развития многолетнемерзлых грунтов, сведение снежного покрова или увеличение его плотности – к новообразованию вечномерзлого грунта и пучению грунтов. Это необходимо учитывать при хозяйственном освоении территории.

В связи с развитием процессов пучения, в данной работе автор изучает зависимости степени пучинистости от физико-механических характеристик грунтов.

Таблица 2.1 – Физико-механические характеристики грунтов

Грунты	Природная влажность W, %	Влажность на границе текучести W <sub>l</sub> , %	Влажность на границе раскатки W <sub>p</sub> , %	Плотность грунта ρ, г/см <sup>3</sup>	Плотность частиц грунта ρ <sub>s</sub> , г/см <sup>3</sup>	Относительная деформация морозного пучения ε <sub>fh</sub> , д. ед.	Модуль деформации E, МПа	Удельное сцепление с, кПа	Угол внутреннего трения φ, град.
Суглинки	25,9	30,0	19,5	1,9	2,6	0,072	12	20	18
	33,8	28,8	19,1	1,9	2,7	0,11	6,8	11	12
	29,6	30,2	19,5	1,9	2,7	0,071	12	20	18
	28,5	29,0	18,3	1,9	2,7	0,076	15	41	20
	24,0	30,8	18,6	2,0	2,8	0,042	17	47	21
	16,4	31,8	20,8	2,0	2,7	0,03	26	56	23
	19,5	30,1	17,8	2,0	2,8	0,027	25	55	23
	24,7	32,0	19,1	1,9	2,7	0,038	17	25	21
	21,9	29,6	17,9	1,9	2,7	0,037	17	25	21
	21,8	30,3	17,8	1,9	2,7	0,04	17	47	21
Супеси	20,0	23,7	18,0	2,0	2,6	0,04	20	13	24
	34,2	28,3	23,2	1,9	2,6	0,11	9,8	1	17
	23,6	23,9	18,5	1,9	2,7	0,084	18	41	27

Для обработки данных базы и их анализа была использована программа STATISTICA и Excel. Для выявления зависимостей в данных программах строились графики и матрицы, как для всего массива данных, так и отдельно для разных характеристик и показателей грунтов. Корреляционная матрица по всему массиву грунтов приведена в таблице 2.2. Наиболее тесные взаимосвязи между исследуемыми показателями свойств грунтов характеризуются более высокими

значениями коэффициентов корреляции (значимые связи выделены красным цветом).

Таблица 2.2 – Корреляционная матрица для характеристик физико-механических свойств грунтов

	W	Wl	Wp	$\rho$	$\rho_s$	$\varepsilon_{fh}$	E	c	$\phi$
W	1,00								
Wl	-0,03	1,00							
Wp	0,46	0,16	1,00						
$\rho$	-0,70	-0,04	-0,31	1,00					
$\rho_s$	-0,30	0,39	-0,31	0,69	1,00				
$\varepsilon_{fh}$	0,89	-0,32	0,50	-0,69	-0,43	1,00			
E	-0,93	0,06	-0,32	0,81	0,44	-0,83	1,00		
c	-0,69	0,30	-0,42	0,62	0,68	-0,62	0,75	1,00	
$\phi$	-0,78	-0,35	-0,36	0,67	0,21	-0,60	0,81	0,58	1,00

Из матрицы видно, что наибольшие коэффициенты корреляции у относительной деформации пучения отмечаются с природной влажностью, плотностью грунта, модулем деформации грунта, удельным сцеплением и углом внутреннего трения. Для них были построены графики и подобраны регрессионные уравнения (рис. 2,20-2,24).

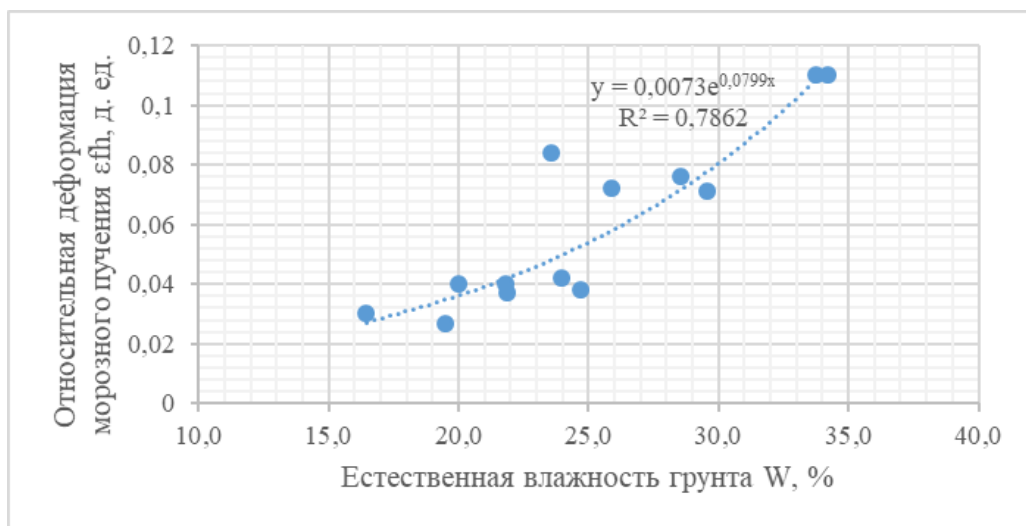


Рисунок 2.20. График зависимости относительной деформации морозного пучения  $\varepsilon_{fh}$  от естественной влажности грунта  $W$

На данном графике видно, что с увеличением природной влажности  $W$  грунта относительная деформация морозного пучения  $\varepsilon_{fh}$  так же увеличивается.

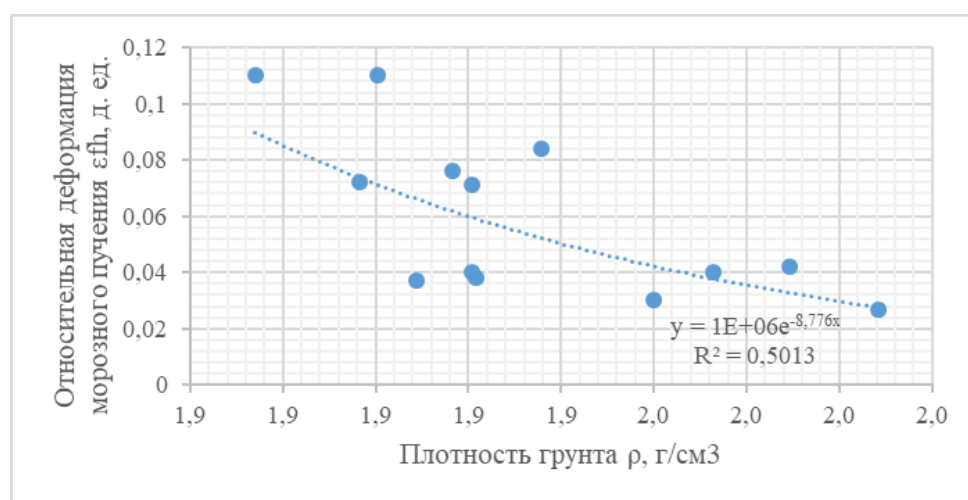


Рисунок 2.21. График зависимости относительной деформации морозного пучения  $\varepsilon_{fh}$  от плотности грунта  $\rho$

С увеличением плотности грунта  $\rho$  относительная деформация морозного пучения  $\varepsilon_{fh}$ , наоборот, уменьшается. Это обуславливается тем, что увеличение плотности приводит к снижению влагосодержания и влагопереноса, что, в свою

очередь, снижает интенсивность пучения. Если грунт подвергнуть дальнейшему уплотнению, то это приведет к уменьшению потока влаги.

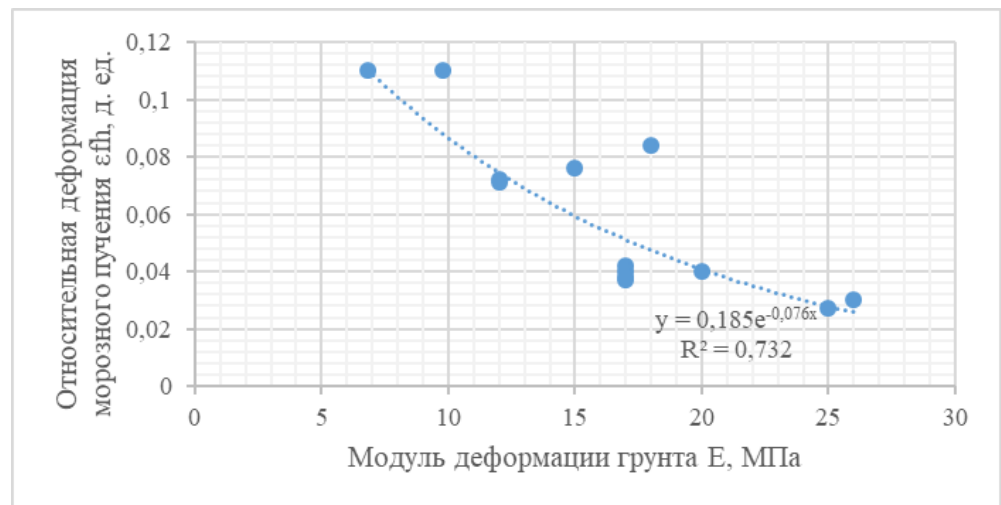


Рисунок 2.22. График зависимости относительной деформации морозного пучения  $\varepsilon_{fh}$  от модуля деформации грунта E

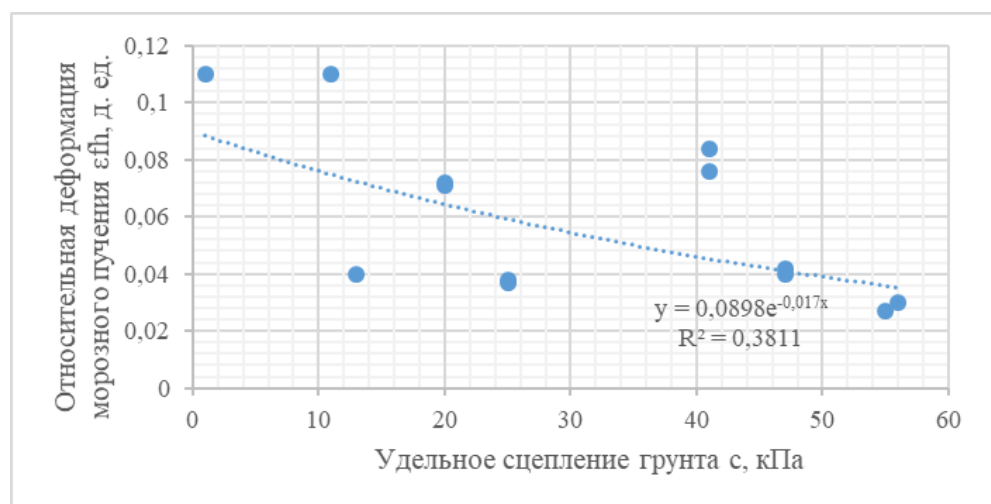


Рисунок 2.23. График зависимости относительной деформации морозного пучения  $\varepsilon_{fh}$  от удельного сцепления грунта c



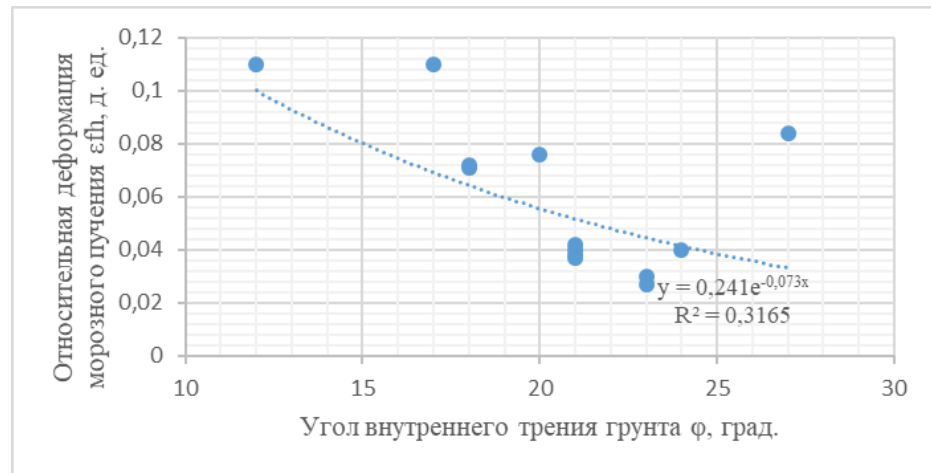


Рисунок 2.24. График зависимости относительной деформации морозного пучения  $\varepsilon_{fh}$  от угла внутреннего трения грунта  $\varphi$

Связь между относительной деформацией морозного пучения  $\varepsilon_{fh}$  с модулем деформации  $E$ , удельным сцеплением  $c$  и углом внутреннего трения грунта  $\varphi$  обратно пропорциональная. Это легко объясняется тем, что деформационные характеристики грунтов во многом зависят от их плотности. Чем более уплотнен грунт, тем большее значение давления потребуется для его деформации.

Древовидная диаграмма кластерного анализа приведена на рисунке 7. В анализе были использованы данные табл.

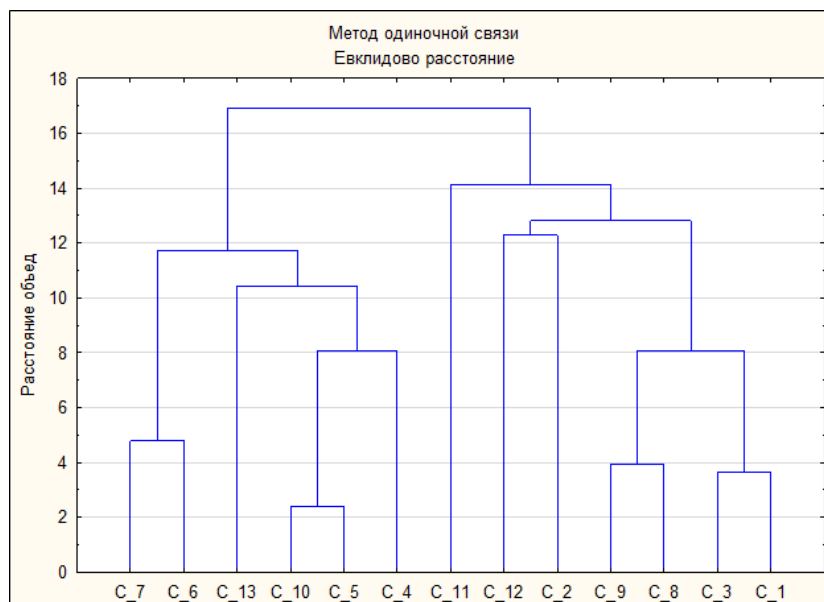


Рисунок 2.25. Диаграмма кластерного анализа

В результате кластерного анализа имеющихся данных выделяются следующие классы:

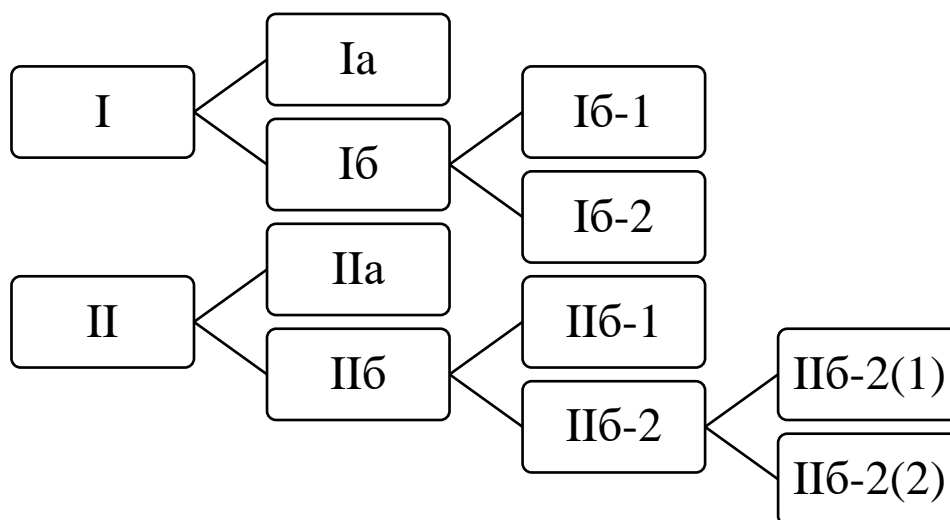


Рисунок 2.26. Схема выделения классов

Таблица 2.3 – Классовая характеристика по относительной деформации морозного пучения  $\epsilon_{fh}$

Классы	$\epsilon_{fh}$ , д.ед.		
	Среднее значение	Min	Max
Ia	0,0285	0,0270	0,0300
Iб-1	0,0840	0,0840	0,0840
Iб-2	0,0580	0,0400	0,0760
IIa	0,0400	0,0400	0,0400
IIб-1	0,1100	0,1100	0,1100
IIб-2(1)	0,0375	0,0370	0,0380
IIб-2(2)	0,0715	0,0710	0,0720

Таблица 2.4 – Классовая характеристика по природной влажности грунта  $W$

Классы	$W$ , %		
	Среднее значение	Min	Max
Ia	17,9500	16,4400	19,4600
Iб-1	23,5789	23,5789	23,5789
Iб-2	25,1647	21,8000	28,5294
IIa	20,0000	20,0000	20,0000
IIб-1	33,9733	33,7667	34,1800
IIб-2(1)	23,2838	21,8875	24,6800
IIб-2(2)	27,7278	25,9056	29,5500

Таблица 2.5 – Классовая характеристика по плотности грунта  $\rho$

Классы	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>		
	Среднее значение	Min	Max
Ia	1,9843	1,9601	2,0084
Iб-1	1,9356	1,9356	1,9356
Iб-2	1,9530	1,9167	1,9892
IIa	1,9729	1,9729	1,9729
IIб-1	1,8873	1,8740	1,9006
IIб-2(1)	1,9153	1,9087	1,9218
IIб-2(2)	1,9086	1,8965	1,9208

Таблица 2.6 – Классовая характеристика по модулю деформации грунта E

Классы	E, МПа		
	Среднее значение	Min	Max
Ia	25,5000	25,0000	26,0000
Iб-1	18,0000	18,0000	18,0000
Iб-2	16,0000	15,0000	17,0000
IIa	20,0000	20,0000	20,0000
IIб-1	8,3000	6,8000	9,8000
IIб-2(1)	17,0000	17,0000	17,0000
IIб-2(2)	12,0000	12,0000	12,0000

Таблица 2.7 – Классовая характеристика по удельному сцеплению грунта c

Классы	c, кПа		
	Среднее значение	Min	Max
Ia	55,5000	55,0000	56,0000
Iб-1	41,0000	41,0000	41,0000
Iб-2	44,0000	41,0000	47,0000
IIa	13,0000	13,0000	13,0000
IIб-1	6,0000	1,0000	11,0000
IIб-2(1)	25,0000	25,0000	25,0000
IIб-2(2)	20,0000	20,0000	20,0000

Таблица 2.8 – Классовая характеристика по углу внутреннего трения грунта φ

Классы	φ, град.		
	Среднее значение	Min	Max
Ia	23,0000	23,0000	23,0000
Iб-1	27,0000	27,0000	27,0000
Iб-2	20,5000	20,0000	21,0000
IIa	24,0000	24,0000	24,0000
IIб-1	14,5000	12,0000	17,0000
IIб-2(1)	21,0000	21,0000	21,0000
IIб-2(2)	18,0000	18,0000	18,0000

Характеристика классов:

Ia – данный класс представлен талыми суглинками полутвердой и твердой консистенций. Грунты, входящие в этот класс, отличаются низким показателем

относительной деформации пучения  $\varepsilon_{fh} = 0,027$  д. ед. и низкой влажностью  $W = 17,95\%$ . Деформационные показатели грунтов данного класса сравнительно высокие –  $E = 25,5$  МПа. Грунты слабопучинистые.

Иб-1 – данный класс представлен супесью твердомерзлой пластичной консистенции. Грунты характеризуются высоким показателем относительной деформации пучения  $\varepsilon_{fh} = 0,084$  д. ед. Влажность грунтов данного класса  $W = 23,5789\%$ . Деформационные показатели грунтов данного класса –  $E = 18$  МПа. Грунты сильнопучинистые.

Иб-2 – данный класс представлен среднепучинистыми и сильнопучинистым суглинками тугопластичной и мягкопластичной консистенций со средним значением относительной деформации морозного пучения  $\varepsilon_{fh} = 0,058$  д. ед. Характеристики:  $W = 25,1647\%$ ,  $E = 16$  МПа.

Па – класс представлен среднепучинистой супесью пластичной. Показатели физико-механических характеристик грунта являются средними:  $\varepsilon_{fh} = 0,04$  д. ед.,  $W = 20\%$ ,  $E = 20$  МПа.

Пб-1 – данный класс характеризуется высокой влажностью грунта  $W = 33,9733\%$  и низким показателем модуля деформации  $E = 8,3$  МПа и представлен твердомерзлыми суглинком и супесью текучепластичной и пластичной консистенций, соответственно. Относительная деформация морозного пучения довольно высокая  $\varepsilon_{fh} = 0,11$  д. ед. Грунты чрезмернопучинистые.

Пб-2(1) – класс представлен среднепучинистыми суглинками тугопластичной консистенции. Показатели физико-механических характеристик грунта являются средними:  $\varepsilon_{fh} = 0,0375$  д. ед.,  $W = 23,2838\%$ ,  $E = 17$  МПа.

Пб-2(2) – данный класс представлен суглинками мягкопластичной консистенции. Грунты характеризуются высоким показателем относительной деформации пучения  $\varepsilon_{fh} = 0,0715$  д. ед. Влажность грунтов данного класса  $W = 27,7278\%$ . Деформационные показатели грунтов данного класса –  $E = 12$  МПа. Грунты сильнопучинистые.

Самыми опасными по степени пучинистости грунтов оказались классы Иб-1, Иб-2, Пб-1 и Пб-2(2). Маленькая степень пучинистости характерна для грунтов класса Ia. Остальные классы грунтов имеют средние значения степени пучинистости.

В связи с выявленными закономерностями, на примере грунтов территории Ленского нефтегазоконденсатного месторождения, можно сказать, что анализа физических характеристик грунта достаточно для приблизительной оценки степени пучинистости. Но пренебрегать лабораторными испытаниями на пучинистость не стоит, так как имеют место быть некорректная оценка степени пучинистости или ее неточный прогноз.

### 3 Проектная часть. Проект инженерно-геологических изысканий на участке

#### 3.1 Определение размеров и зон сферы взаимодействия сооружений с геологической средой и расчетной схемы основания. Задачи изысканий

Под сферой взаимодействия геологической среды с сооружением следует понимать подстилающую (вмещающую) сооружение область литосферы, внутри которой в результате взаимодействия с сооружением развиваются инженерно-геологические процессы [59].

Сферу взаимодействия необходимо знать для определения границ (площади и глубины) инженерно-геологической разведки.

Сфера взаимодействия может быть определена тогда, когда:

1. Определено точное местоположение проектируемого сооружения.
2. Разработаны его конструкции и режим эксплуатации (таблица 3.1).
3. Выявлены и изучены геологическое строение участка и его гидрогеологические условия.

На данном участке проектируются подстанция 6кВ и участок трассы ЛЭП 6кВ. В связи ранее проведенными инженерно-геологическими работами [60] рекомендуются сваи-стойки.

Таблица 3.1 – Техническая характеристика проектируемых сооружений

Наименование сооружения	Габариты (длина×ширина), м	Тип фундамента	Нагрузка на фундамент, кН/м	Глубина заложения фундамента, м	Уровень ответственности
Подстанция 6кВ	40×20	Сваи-стойки	20	В зависимости от глубины залегания кровли скальных грунтов	II

### Продолжение таблицы 3.1

Участок трассы ЛЭП 6кВ	300 м	Свай-стойки	20	В зависимости от глубины залегания кровли скальных грунтов	II
------------------------	-------	-------------	----	--	----

Сфера взаимодействия проектируемого сооружения, на свайном фундаменте, на геологическую среду ограничена:

- по площади – контуром расположения проектируемого сооружения и территорией благоустройства (2-3 м);
- по глубине – нижняя граница активной зоны, принимаемой в зависимости от типа фундамента и нагрузки на него [60].

Согласно СП 11-105-97 (Часть IV) [54], границами сферы взаимодействия здания с геологической средой в плане будут являться размеры подстанции, опоры ЛЭП и дополнительно 1-2 м (с каждой стороны) – территория благоустройства. Территория благоустройства принимается равной 2 м.

Основанием сооружения служат скальные грунты, следует применять свайные фундаменты из свай-стоек, согласно СП 25.13330.2020 п. 6.3.7 [61]. В связи с тем, что в проекте будут использованы свай-стойки под проектируемые сооружения, расчеты ведутся только по несущей способности и сфера взаимодействия для этого сооружения не определяется, так как грунт не дает осадку.

Сваи следует погружать, как правило, буроопускным способом в скважины, диаметр которых не менее чем на 15 см превышает наибольшие сечения свай, с заполнением свободного пространства цементно-песчаным или другим раствором по проекту [61].

Так как сваи будут опираться на скальные грунты, то выработки проходят на 2-3 м ниже кровли слабыветрелых грунтов при его заложении на скале [61].

В нашем случае предполагаемая глубина заложения свай будет определяться глубиной залегания коренных пород и их качеством.



В связи с тем, что район работ расположен в зоне распространения ММГ и фазовые переходы воды в лед, миграции воды, сегрегации льда, усадка и др. неизбежны, ряд физико-механических и физико-химических процессов может вызывать пучение грунтов, под которым следует понимать процесс формирования напряженно-деформированного состояния, приводящего к увеличению линейных и объемных размеров пород [4].

На территории участка планируется применять I принцип использования многолетнемерзлых пород в качестве оснований. Согласно п. 6.1.2 СП 25.13330-2020 принцип I следует применять, если грунты основания можно сохранить в мерзлом состоянии при экономически целесообразных затратах на мероприятия, обеспечивающие сохранение такого состояния. На участках с твердомерзлыми грунтами, а также при повышенной сейсмичности района следует принимать использование многолетнемерзлых грунтов по принципу I [61].

### **3.2 Обоснование видов и объемов проектируемых работ**

Объемы и виды проектируемых работ определяются типом сооружения, этапом исследований, сложностью инженерно-геологических условий с действующими нормами.

Обязательными видами работ, независимо от уровня ответственности объектов строительства и типов свайных фундаментов, являются бурение скважин, лабораторные исследования (СП 24.13330.2011 [60], СП 25.13330.2020 [61]).

Таким образом, проектируются следующие виды работ:

- сбор и обработка материалов изысканий;
- топогеодезические работы;
- рекогносцировочное обследование;
- проходка горных выработок;
- полевые работы;

- опробование;
- лабораторные исследования грунтов;
- камеральная обработка материалов и составление технического отчета.

### ***Сбор и обработка материалов изысканий и исследований прошлых лет***

Сбор и обработку материалов изысканий и исследований прошлых лет необходимо выполнять для каждого этапа подготовки проектной документации, с учетом результатов сбора на предшествующем этапе СП 493.1325800.2020 [67], СП 446.1325800.2019 [65].

В состав материалов, подлежащих сбору и обработке, следует, как правило, включать сведения о климате, гидрографической сети района исследований, характере рельефа, геоморфологических особенностях, геологическом строении, гидрогеологических условиях, геологических, инженерно-геологических и криогенных процессах, физико-механических свойствах грунтов, составе подземных вод, для районов с распространением ММГ: глубины сезонного промерзания и оттаивания, средней годовой температуре грунтов, залегании повторно-жильных и пластовых льдов, криогенных процессах и образованиях, условий залегания.

### ***Топогеодезические работы***

Топогеодезические работы применяются с целью обеспечения буровых работ и опробования грунтов геодезической сеткой. Основными работами являются плановая и высотная привязка скважин. Проектируется планово-высотная привязка 7 устьев скважин и 3 точек испытаний торфов на сопротивление вращательному срезу сдвигомером-крыльчаткой.

### ***Рекогносцировочное обследование***

В процессе работ необходимо производить видео- и фотосъемку, зарисовку особенно сложных мест с указанием размеров расстояний. В обязательном порядке производится фиксация координат точек наблюдений.

В случае проявлений опасных геологических процессов на площадке и трассах (участках работ) выполняется их описание в соответствии с требованиями СП 11-105-97 часть II [52]. В обязательном порядке фиксируется площадь и интенсивность развития (активность), а также составляется схема развития процесса с привязкой на местности. Ориентировочная протяжённость маршрутов в сумме составит около 1 км.

### ***Проходка горных выработок***

Проходка горных выработок осуществляется с целью:

- установления или уточнения геологического разреза, условий залегания грунтов и подземных вод;
- определения глубины залегания уровня подземных вод;
- отбора образцов грунтов для определения их состава, состояния и свойств, а также проб подземных вод для их химического анализа [54].

Намечаемые в программе изысканий способы бурения скважин должны обеспечивать высокую эффективность бурения, необходимую точность установления границ между слоями грунтов (отклонение не более 0,25-0,50 м), возможность изучения состава, состояния и свойств грунтов, их текстурных особенностей [49].

### ***Термометрические наблюдения***

Согласно ГОСТ 25358-2020, термометрическая скважина – это специально оборудованная скважина, предназначенная для измерения температуры грунта гирляндой температурных датчиков [34].

Согласно п.4.1, полевые измерения температуры грунтов должны проводиться по программе, соответствующей требованиям, в целях:

- получение данных о температуре мерзлых, промерзающих и протаивающих грунтов для использования их в теплотехнических расчетах при проектировании;
- оценки и дальнейшего прогноза устойчивости исследуемого участка;
- назначение глубины заложения и выбора типа фундаментов проектируемых сооружений и определения несущей способности;
- контроля и оценки изменений, происходящих в тепловом режиме грунтов в результате возведения и эксплуатации сооружения или осуществления различных инженерных мероприятий.

Согласно п.4.2, измерения температуры грунтов проводится в заранее подготовленных и выстоянных скважинах специальными нестационарными или портативными термоизмерительными комплексами, в виде гирлянды электрических датчиков температуры с соответствующей измерительной аппаратурой, устройствами для сохранения информации в автоматическом режиме и дистанционной передачи данных или гирлянды «заленивленных» ртутных термометров. Также допускается применение отдельных датчиков, в том числе малоинерционных [34].

### ***Опробование***

Инженерно-геологическое опробование проводят для определения состава, строения, состояния и свойств грунтов.

Согласно требованиям СП 446.1325800-2019 число проб для каждого ИГЭ должно быть не менее десяти - для физических характеристик и не менее шести - для механических характеристик [65].

Предполагаемый объем опробования составит 160 монолитов.

Интервал опробования определяется по следующей формуле:

$$n = \left( \frac{H_{\text{ср}}}{N} \right) * \text{кол} - \text{во скв.}, \quad (4)$$

где  $n$  – интервал опробования, м

$H_{\text{ср}}$  – средняя мощность инженерно-геологического элемента, м

N – необходимое количество образцов.

Интервалы опробования для монолитов (подстанция 6кВ):

$$- n (\text{ИГЭ-5}) = (0,85/10)*3 = 0,3 \text{ м}$$

$$- n (\text{ИГЭ-6}) = (1,6/10)*3 = 0,5 \text{ м}$$

$$- n (\text{ИГЭ-9}) = (2/10)*3 = 0,6 \text{ м}$$

$$- n (\text{ИГЭ-10}) = (1/10)*3 = 0,3 \text{ м}$$

$$- n (\text{ИГЭ-11}) = (1,4/10)*3 = 0,4 \text{ м}$$

$$- n (\text{ИГЭ-12}) = (0,6/10)*3 = 0,2 \text{ м}$$

Интервалы опробования для монолитов (трасса ЛЭП 6кВ):

$$- n (\text{ИГЭ-5}) = (0,83/10)*4 = 0,3 \text{ м}$$

$$- n (\text{ИГЭ-6}) = (1,5/10)*4 = 0,6 \text{ м}$$

$$- n (\text{ИГЭ-9}) = (2/10)*4 = 0,8 \text{ м}$$

$$- n (\text{ИГЭ-10}) = (2,2/10)*4 = 0,9 \text{ м}$$

$$- n (\text{ИГЭ-11}) = (2/10)*4 = 0,8 \text{ м}$$

Образцы ИГЭ-2, 3 и 4 будут отбираться с поверхности из-за маленькой мощности слоя.

Проектируемые точки опробования показаны красным цветом на инженерно-геологическом разрезе в Приложении В.

### ***Полевые работы***

Полевые опытные работы позволяют изучать свойства грунтов в условиях их естественного залегания.

Полевые исследования грунтов выполняются в соответствии с ГОСТ 30672-2019 [40]. Выбор методов полевых исследований грунтов следует осуществлять в зависимости от решаемых задач, состава, строения и состояния изучаемых грунтов, категории сложности и степени изученности инженерно-геологических условий, глубины заложения и типов проектируемых фундаментов, уровня ответственности зданий и сооружений. Полевые исследования грунтов рекомендуется сочетать с другими методами определения свойств грунтов для

выявления взаимосвязи между характеристиками, определяемыми различными методами [65].

Метод заключается в установлении отношения массы пробы грунта к его объему при условии, что из слоя испытательного грунта отбирают пробу необходимого объема, которую замещают однородной средой с известной плотностью.

### ***Лабораторные исследования***

Лабораторные исследования грунтов следует выполнять с целью определения их состава, состояния, физических, механических, химических свойств для выделения классов, групп, подгрупп, тип, видов и разновидностей в соответствии с ГОСТ 25100-2020 [33], определения их нормативных и расчетных характеристик, выявления степени однородности (выдержанности) грунтов по площади и глубине, выделения инженерно-геологических элементов, прогноза изменения состояния и свойств грунтов в процессе строительства и эксплуатации объектов [24].

### ***Камеральные работы и составление технического отчета***

Камеральная обработка проектируется после завершения всех запланированных полевых и лабораторных работ. Главная задача камеральных работ является составление отчета об инженерно-геологических условиях участка проектируемого строительства, содержащего все сведения, предусмотренные проектом, рекомендации по учету влияния инженерно-геологических факторов на проектируемое сооружение.

Отчет об инженерно-геологических условиях участка должен содержать:

- графическую часть в виде инженерно-геологических разрезов, карт различного содержания, графиков и т.д.;
- пояснительную записку;
- сводную таблицу нормативных и расчетных показателей свойств грунтов для инженерно-геологических элементов.

Камеральные работы необходимо осуществлять в процессе производства полевых работ (текущую, предварительную) и после их завершения и выполнения лабораторных исследований (окончательную камеральную обработку и составление технического отчета или заключения о результатах инженерно-геологических изысканий).

Виды и объёмы инженерно-геологических изысканий для стадии рабочей документации приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Сводная таблица проектируемых видов и объемов работ

№	Вид работ	Единица измерения	Объем	Примечание
	Полевые работы			
1	Топографо-геодезические работы	точка	10	СП 317.1325800.2017
2	Инженерно-геологическая рекогносцировка	км	1	СП 47.13330.2016
3	Термометрические наблюдения	скв.	1	ГОСТ 25358-2020
4	Определение глубины сезонного оттаивания грунта	скв.	3	ГОСТ 26262-2014
5	Испытания торфов на сопротивление вращательному срезу сдвигомером-крыльчаткой СК-8	исп.	3	ГОСТ 20276.5-2020
6	Опробование:			
	- отбор образцов с ненарушенной структурой - полевое описание грунтов	монолит	160	ГОСТ 12071-2014 ГОСТ Р 58325-2018
	Лабораторные работы			
1	Определение гранулометрического состава грунта	опр.	110	ГОСТ 12536-2014
2	Определение естественной и суммарной влажностей		130	ГОСТ 5180-2015
3	Определение влажности на границе текучести		110	ГОСТ 5180-2015
4	Определение влажности на границе раскатывания		110	ГОСТ 5180-2015
5	Определение влажности мерзлого грунта, расположенного между ледяными включениями		80	ГОСТ 5180-2015

Продолжение таблицы 3.2

6	Определение влажности мерзлого грунта за счет незамерзшей воды		80	ГОСТ Р 59537-2021
7	Определение плотности грунта (в т.ч. мерзлого) методом режущего кольца		110	ГОСТ 5180-2015
8	Определение плотности частиц грунта		130	ГОСТ 5180-2015
9	Определение плотности мерзлого грунта методом взвешивания в нейтральной жидкости		50	ГОСТ 5180-2015
10	Определение относительного содержания органического вещества		130	ГОСТ 23740-2016
11	Определение коррозионной агрессивности грунтов к поверхности подземных стальных сооружений		36	ГОСТ 9.602-2016
12	Определение относительной деформация морозного пучения		66	ГОСТ 28622-2012
13	Определение сопротивления мерзлого грунта срезу по поверхности смерзания		66	ГОСТ 12248.8-2020
14	Определение сопротивления одноосному сжатию мерзлого грунта		48	ГОСТ 12248.9-2020
15	Определение степени разложения торфа		20	ГОСТ 10650-2013
16	Определение касательных сил морозного пучения грунтов		66	ГОСТ Р 56726-2015
17	Определение коэффициента истираемости		50	Методика ДальНИИС
18	Определение коэффициента выветрелости		50	ГОСТ 25100-2020
	Камеральные работы			
1	Составление отчета	шт.	1	



### 3.3 Методика проектируемых работ

#### 3.3.1 Полевые работы

##### 3.3.1.1 Топографо-геодезические работы

Инженерно-геодезические изыскания при строительстве зданий и сооружений выполняют согласно СП 47.13330.2016 [66], СП 317.1325800.2017 [63].

Топогеодезические работы применяются с целью обеспечения буровых работ и опробования грунтов геодезической сеткой. Основными работами являются плановая и высотная привязка скважин.

Топогеодезические работы планируется выполнить электронным тахеометром Leica TS03 R500 (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Электронный тахеометр Leica TS03 R500

Одновременно с топографо-геодезическими работами планируется проведение рекогносцировочного обследования территории изысканий, в задачи которого входит: осмотр места изыскательских работ, визуальная оценка рельефа и выбор мест расположения скважин и точек полевых испытаний грунтов [54].

В процессе обследования должны быть выявлены основные особенности участка строительства и определена возможность проведения полевых работ. Количество точек наблюдений, в том числе горные выработки, следует определять в зависимости от категории сложности инженерно-геологических условий, с учетом степени обнаженности исследуемой территории и отдельных ее частей [54].

Количество выработок следует определять с учетом ранее пройденных выработок.

### **3.3.1.2 Инженерно-геологическая рекогносцировка**

Инженерно-геологическую рекогносцировку проводят в соответствии с СП 47.13330.2016 [66] и СП 493.1325800.2020 [67].

При проведении инженерно-геологической рекогносцировки ведется журнал инженерно-геологического обследования. В журнале ведется описание всех проводимых маршрутов: детальное описание и зарисовка местности, описываются естественные обнажения, все неблагоприятные участки развития физико-геологических процессов и явлений.

В случае проявления на участках геологических, инженерно-геологических (в том числе криогенных) процессов необходимо выполнять их описание с оценкой площади поражения и активности.

На участках развития многолетнемерзлых пород выполняется полевое описание криогенного строения пород, геокриологических процессов.

По результатам инженерно-геологической рекогносцировки составляется попикетное описание участка.

### 3.3.1.3 Буровые работы

Цель проходки скважины – это изучение геологического разреза, а также определение физико-механических свойств грунтов.

Согласно п.1.1 РСН 74-88 [49] выполнение буровых работ должно соответствовать требованиям СП 47.13330.2016 [66]. Способы проходки горных выработок должны обеспечивать достоверную геологическую документацию и высокую производительность труда на конкретном объекте изысканий. При производстве горнобуровых работ должны осуществляться мероприятия по экономии материальных ресурсов, соблюдению правил эксплуатации, ремонта и профилактики бурового и горнопроходческого оборудования.

#### Геолого-технические условия бурения

На выбор конструкции скважины, способа бурения, типа бурового станка и режима проходки скважины оказывает влияние такие факторы:

1. Назначение буровых скважин;
2. Проектная глубина скважин;
3. Крепость пород и их устойчивость против обрушения стенок;
4. Географические условия проведения буровых работ.

Скважины предназначены для изучения геологического разреза, поэтому по назначению будут разведочными.

Проектом предусмотрено бурение для строительства участка трассы ЛЭП 6кВ 4 скважины глубиной до 10 м и для строительства подстанции 6кВ 3 скважины глубиной до 9 м. Общий объем бурения 67 п.м. Расположение проектных скважин представлено на карте инженерно-геологических условий (лист 2).

На примере скважины 4 глубиной 10 м в таблице 1 приведен проектный литологический разрез. Разрез сложен породами IV-V категорий по буримости.

Таблица 3.3 – Проектный литологический разрез

№	Разновидности грунтов	Интервал залегания			Категория пород по буримости
		от	до	мощность	
1	ИГЭ-1 – Почвенно-растительный слой	0,0	0,2	0,2	I
2	ИГЭ-5 (dQ <sub>IV</sub> ) – Суглинок коричневый, твердомерзлый, слоистой криотекстуры, после оттаивания легкий, текучепластичный, местами с примесью органических веществ, незасоленный, чрезмернопучинистый	0,2	1,2	1,0	IV
3	ИГЭ-6 (eQ) – Супесь серая, твердомерзлая, слоистой криотекстуры, после оттаивания пластичная, песчанистая, незасоленная, сильнопучинистая, непросадочная, ненабухающая	1,2	3,5	2,3	IV
4	ИГЭ-9 (eQ) – Суглинок серый, твердомерзлый, местами пластичномерзлый, массивной криотекстуры, после оттаивания тяжелый, тугопластичный, с щебнем мергеля и алевролита до 10-20%, незасоленный, среднепучинистый, непросадочный, ненабухающий	3,5	5,5	2,0	IV
5	ИГЭ-10 (eQ) – Щебенистый грунт мергеля с суглинистым заполнителем до 30%, твердомерзлый, массивной криотекстуры, местами корковой, после оттаивания заполнитель – суглинок тугопластичный до полутвердого, непучинистый	5,5	8,0	2,5	V
6	ИГЭ-11 (€ <sub>2-3</sub> ) – Мергель серый, глинистый доломитовый, морозный, после оттаивания низкой прочности, средней плотности, среднепористый, сильновыветрелый, размягчаемый	8,0	10,0	2,0	VI

Географические условия буровых работ относятся к средним.

*Конструкция инженерно-геологических скважин*

Для данных условий можно применить типовую конструкцию. Конструкция скважины определяется ее глубиной и диаметром, таким образом, скважины малого диаметра и глубиной 10 м будут отнесены к Па типу, обсадные трубы не потребуются, так как грунт находится в мерзлом состоянии и осыпаться не будет. Конструктивные особенности данного типа скважины представлены в таблице 3/4.

Таблица 3.4 – Конструктивные особенности скважины типа Па

Диаметр скважины	Число колонн обсадных труб	Особенности геологического разреза
108-168	-	Устойчивые породы, не требующие закрепления стенок обсадными трубами

#### *Способ бурения*

Наиболее распространенном способом проходки скважины является колонковое бурение. Данный вид бурения имеет достаточно преимуществ, одним из которых является универсальность (возможность проходки скважин почти во всех разновидностях горных пород).

В интервале 0,0-10,0 м будет использоваться колонковое бурение «всухую».

#### *Буровая установка*

Проектом предусмотрено бурение разведочных скважин произвести самоходной буровой установкой УРБ 2А-2 (Рисунок 3.2) и его схема (Рисунок 3.3) [9].



Рисунок 3.2. Самоходная буровая установка УРБ-2А-2

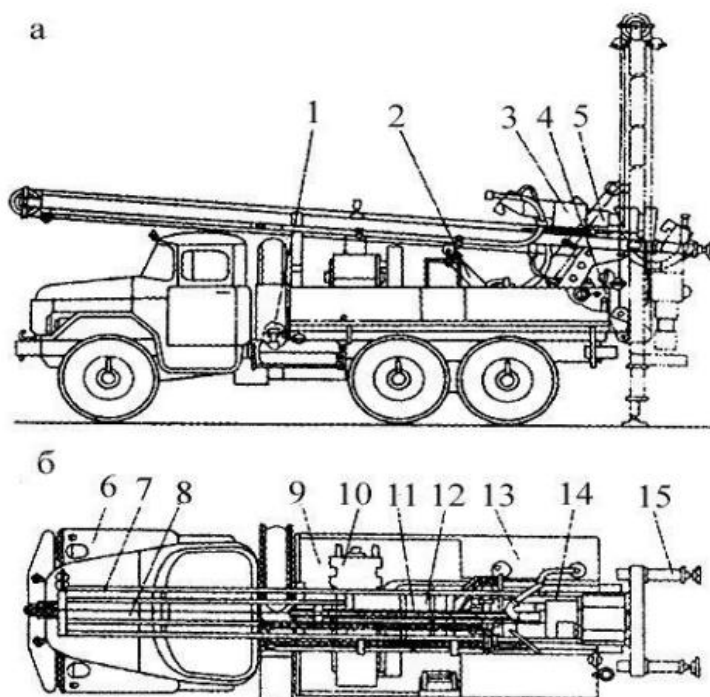


Рисунок 3.3. Схема буровой установки УРБ-2А-2: а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – коробка отбора мощности; 2 – цилиндр подъема мачты; 3 – вращатель; 4 – пульт управления; 5 – элеватор для труб и патрон для шнеков; 6 – автомобиль; 7 – мачта; 8 – талевая система; 9 – рама; 10 – установки бурового насоса и компрессора; 11 – гидродомкрат подачи; 12 – раздаточная коробка; 13 – обвязка гидросистемы; 14 – каретка; 15 – опорный домкрат

Таблица 3.5 – Техническая характеристика буровой установки УРБ-2А-2

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

### *Буровой инструмент*

Способ бурения выбирается в зависимости от грунтов на данном участке, назначения и глубины скважин, а также инженерно-геологических условий производства работ.

Для колонкового способа бурения инструментом бурения являются коронки. При данном способе проходки и марки буровой установки рекомендуется выбрать твёрдосплавные коронки по ГОСТ 11108-70.

Согласно ГОСТ 3882-74, выбрана марка коронки СМ-5 режущий торец которой армируется твердосплавными резцами из сплава ВК6. Данные коронки снабжены основными, наружными и подрезными резцами, перекрывающими всю площадь забоя, и выступающими ступенчатый забой – для увеличения механической скорости бурения [42].



Рисунок 3. Буровая коронка с твердосплавными сменными резцами для колонкового бурения СМ-5 [7].

#### *Технология бурения скважин*

Бурение скважин будет производиться буровой установкой УРБ 2А-2 на шасси Урал, колонковым способом.

Колонковый способ бурения скважин применим в любых горных породах и практически на любую глубину, требующуюся для решения инженерно-геологических задач. По существу, он является единственным при бурении в скальных и полускальных породах. В песчаных и глинистых породах, устойчивых в стенках скважин, и в таких же породах, но мёрзлых колонковым способом рекомендуется бурить скважины небольшой глубины (до 30 м.) диаметром до 151 мм, без промывки («всухую»). Менее эффективен этот способ бурения в глинистых породах неустойчивой консистенции и в обводнённых песчано-галечных. Обычно оно ведётся укороченными рейсами (длина рейса не превышает 0,8- 1,5 м). Параметры режима бурения устанавливают следующие: частота вращения инструмента 80-150 об/мин, осевая нагрузка на забой 3-6 кН.



Заклинивание кернa проводят затиркой, для чего необходимо последние 0,05-0,1 м рейса пройти с повышенной осевой нагрузкой на забой.

При бурении твердомерзлых грунтов с продувкой, диаметр бурильных труб нужно брать таким образом, чтобы отношение площадей сечений кольцевого пространства скважины и канала в бурильных трубах приближалось к единице. Необходимо избегать ступенчатого ствола скважины, так как в местах его расширения уменьшается скорость восходящего потока воздуха в кольцевом зазоре между стенками скважины и колонной штанг должна быть в пределах 8-12 м/с.

Выход кернa должен составить не менее 70%.

#### **3.3.1.4 Термометрические наблюдения**

Полевые измерения температуры грунтов проводятся в соответствии с ГОСТ 25385-2020 [34] и в целях:

- получения конкретных данных о температуре мерзлых, промерзающих и оттаивающих грунтов для их использования в теплотехнических расчетах при проектировании:

- оценки и прогноза устойчивости территории освоения;
- назначения глубины заложения и выбора типа фундаментов зданий и сооружений и определения их несущей способности;
- контроля и оценки изменений, происходящих в тепловом режиме грунтов в результате возведения и эксплуатации зданий и сооружений или осуществления различных инженерных мероприятий.

Измерения температуры грунтов следует проводить в заранее подготовленных и выстоянных термометрических скважинах переносными или стационарными термоизмерительными комплектами, представляющими собой термометрические косы с соответствующей измерительной аппаратурой, устройствами для накопления информации (логгеры) в автоматическом режиме

и для дистанционной передачи данных; допускается применение отдельных датчиков, в том числе малоинерционных.

Температуру мерзлых, промерзающих и оттаивающих грунтов следует выражать в градусах Цельсия с округлением до 0.1 °С.

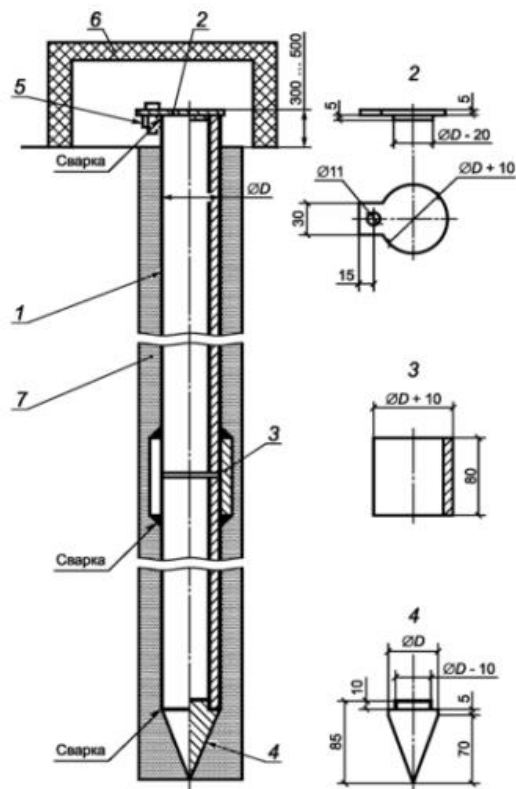


Рисунок 3.4. Схема термометрической скважины: 1 – обсадная труба; 2 – защитная крышка; 3 – обойма; 4 – наконечники; 5 – приваренная к трубе гайка М10; 6 – теплоизолированный короб; 7 – грунт обратной засыпки [34]

При режимных наблюдениях на опытных площадках необходимо не нарушать растительный и снежный покров около скважины и на площадке в целом.

### **3.3.1.5 Определение глубины сезонного оттаивания грунта методом непосредственных измерений**

Глубина сезонного оттаивания определяется в соответствии ГОСТ 26262-2014 [35] наибольшим за год расстоянием по вертикали от поверхности грунта (без учета растительного покрова) до кровли многолетнемерзлого грунта.

Метод определения глубины сезонного оттаивания следует устанавливать в программе исследований в зависимости от инженерно-геологических и гидрогеологических условий, вида сооружений, возможности применения и экономической целесообразности метода.

Положение точек, в которых определяют глубину сезонного оттаивания, назначают на основе инженерно-геологической съемки с учетом расположения существующих и проектируемых зданий и сооружений.

Глубину оттаивания в горных выработках следует измерять во время их проходки. Глубину залегания мерзлого грунта устанавливают по керну или стенке шурфа.

При определении глубины оттаивания с помощью щупа измеряют длину части щупа, погруженной вручную до упора в мерзлый грунт.

В каждой точке наблюдений следует производить три измерения на расстоянии до 1 м друг от друга. За глубину оттаивания принимают наибольшее значение.

### **3.3.1.6 Испытания торфов на сопротивление вращательному срезу сдвигомером-крыльчаткой СК-8**

Испытания грунта вращательным срезом проводят для определения сопротивления недренированному сдвигу грунтов и показателя чувствительности глинистых, органоминеральных и органических грунтов согласно ГОСТ 20276.5-2020 [30].

Испытания грунтов методом вращательного среза осуществляются с помощью рабочего наконечника - крыльчатки, состоящей из четырех пластин, расположенных под углом  $90^\circ$  друг к другу.

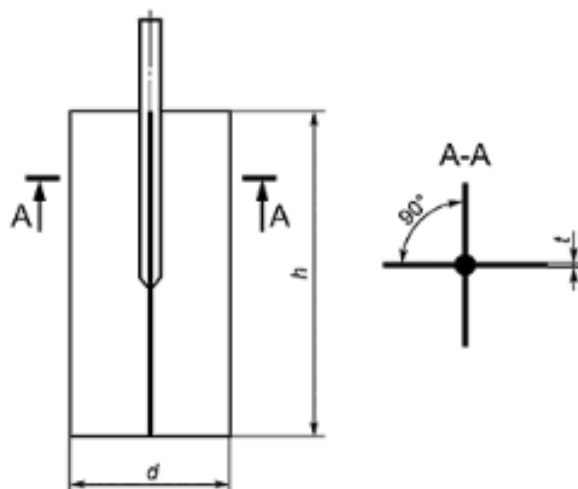


Рисунок 3.5. Крыльчатка:  $d$  – диаметр крыльчатки;  $h$  – высота крыльчатки;  $t$  – толщина лопасти

Испытания методом вращательного среза проводят путем вдавливания рабочего наконечника в грунт на заданную глубину и последующего приложения горизонтальной касательной нагрузки со срезом грунта по цилиндрической поверхности, образуемой вращением крыльчатки.

Испытания методом вращательного среза проводят в массиве грунта в условиях природного залегания путем погружения крыльчатки на отметку испытания с поверхности земли и со дна горных выработок (расчисток, котлованов, шурфов, штреков, забоев буровых скважин и т.д.).

С помощью устройства для создания крутящего момента вращают колонну штанг с крыльчаткой с угловой скоростью  $0,2-0,3$  град/с. По мере вращения записывают показания приборов для измерения крутящего момента до достижения максимального показания  $N_{max}$ , соответствующего максимальному значению крутящего момента  $M_{max}$ .

### 3.3.1.7 Опробование

Инженерно-геологическое опробование проводится с целью получения классификационных показателей стратиграфо-генетических комплексов пород и определения физико-механических свойств грунтов. Опробуются все типы стратиграфических образований и литологических разностей пород, развитых в пределах площадки.

Отбор, упаковка, хранение и транспортирование образцов выполняют по требованиям ГОСТ 12071-2014 [24], а специфических и мерзлых грунтов – обосновывают в программе работ.

Отбор образцов выполняют в объеме, обеспечивающем разделение разреза на инженерно-геологические элементы. Общее количество образцов должно быть достаточным для получения статистически обеспеченных характеристик выделенных инженерно-геологических элементов согласно ГОСТ 20522-2012 [31].

Выбор вида и состава лабораторных определений характеристик грунтов производят в соответствии с приложением Е приведенном в СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания. Общие положения [66].

Отбор проб, обработка, хранение и транспортировка выполняются в соответствии с ГОСТ 12071-2014 [24].

При отборе проб нарушенной структуры применяется точечный метод отбора проб. Точечный метод заключается в том, что отбирается образец с метра опробования (точка) – не большого размера.

Все образцы с ненарушенной структурой, подлежат парафинированию с целью сохранения их целостности и природной влажности [24].

Необходимы лабораторные испытания приведены согласно Приложение Л, СП 446.1325800.2019 [65].

При отсутствии требуемых для расчетов данных следует обеспечить по каждому выделенному инженерно-геологическому элементу получение частных

значений в количестве не менее 10 характеристик состава и состояния грунтов или не менее 6 характеристик механических (прочностных и деформационных) свойств грунтов [54].

Минимальное число определений характеристик грунтов или фиксируемых в опытах значений должно быть шесть согласно ГОСТ 20522-2012 п. 4.10 [31].

Описание грунта выполняют согласно ГОСТ Р 5 58325-2018 непосредственно после его извлечения из грунтового массива или в естественном залегании по признакам, определяемым, как правило, в следующем порядке: основное наименование - дополнительные наименования - цвет - вещественный состав - состояние - дополнительные характеристики и признаки - полуколичественные показатели свойств или состава.

Схема описания грунтов и состав описываемых признаков определяют принадлежность описываемого грунта к классу, а для дисперсных грунтов - подклассу грунта в соответствии с ГОСТ 25100-2020 [33]. Основные группы грунтов: скальные, дисперсные несвязные, дисперсные связные и мерзлые. По основным геотехническим признакам также выделяют специфические грунты.

### **3.3.2 Лабораторные работы**

Определение гранулометрического состава грунта выполняется согласно ГОСТ 12356.2014 [27].

Гранулометрический (зерновой) состав грунта определяют по массовому содержанию в нем частиц различной крупности, выраженному в процентах по отношению к массе сухой пробы грунта, взятой для анализа, согласно ГОСТ 12356.2014 [27].

Результаты вычисления гранулометрического состава грунтов следует определять с погрешностью до 0,1 %.

Определение влажности грунта методом высушивания до постоянной массы выполняется в соответствии с п. 5 ГОСТ 5180-2015 [43].

Влажность грунта  $w$ , %, вычисляют по формуле:

$$w = 100 \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m}, \quad (5)$$

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

Допускается выражать влажность грунта в долях единицы.

Результаты испытаний следует внести в журнал.

Определение суммарной влажности мерзлого грунта выполняется согласно п. 6 ГОСТ 5180-2015 [43].

Суммарную влажность мерзлого грунта  $w_{tot}$  рассчитывают по формуле (5).

Определение влажности на границе текучести выполняется согласно п.7 ГОСТ 5180-2015 [43].

Границу текучести следует определять, как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой балансирный конус погружается под действием собственной массы за 5 с на глубину 10 мм.



Рисунок 3.5. Балансирный конус Васильева

Влажность грунта на границе текучести  $w_l$  рассчитывают в соответствии с методикой определения естественной влажности методом высушивания до постоянной массы.

Результаты испытаний следует внести в журнал.

Определение влажности на границе раскатывания выполняется согласно п.8 ГОСТ 5180-2015 [43].

Границу раскатывания (пластичности) следует определять, как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой паста, раскатываемая в жгут диаметром 3 мм, начинает распадаться на кусочки длиной 3-10 мм.

Влажность грунта на границе раскатывания  $w_p$  рассчитывают в соответствии с методикой определения естественной влажности методом высушивания до постоянной массы.

Результаты испытаний следует внести в журнал.

Определение влажности мерзлого грунта, расположенного между ледяными включениями, выполняется согласно п. 6 ГОСТ 5180-2015 [43].

Определение влажности мерзлого грунта, расположенного между ледяными включениями, проводится так же, как и определение природной и суммарной влажностей.

Определение влажности мерзлого грунта за счет незамерзшей воды выполняется согласно ГОСТ Р 59537-2021 [47].

Метод определения влажности грунта за счет незамерзшей воды IV\*. основан на переходе от экспериментально полученной при положительной температуре изотермы десорбции воды из грунта в условиях контакта с пониженной влажностью воздуха над водным раствором электролита к влажности грунта за счет незамерзшей воды при отрицательной температуре  $W_{N_2}(T)$ .



Определение плотности грунта (в т.ч. мерзлого) методом режущего кольца выполняют согласно п.9 ГОСТ 5180-2015 [43].

Плотность грунта  $\rho$ , г/см<sup>3</sup>, вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m_1 - m_0 - m_2}{V}, \quad (6)$$

где  $m_1$  – масса грунта с кольцом и пластинками, г;  $m_0$  – масса кольца, г;  $m_2$  – масса пластинок, г;  $V$  – внутренний объем кольца, см.

Результаты испытаний следует внести в журнал.



Рисунок 3.6. Кольца режущие (комплект)

Определение плотности частиц грунта пикнометрическим методом выполняют согласно п. 13 ГОСТ 5180-2015 [43].

Плотность частиц грунта определяется отношением массы частиц грунта к их объему.

Плотность частиц грунта  $\rho_s$ , г/см<sup>3</sup>, вычисляют по формуле:

$$\rho_s = \frac{\rho_w m_0}{m_0 + m_2 - m_1}, \quad (7)$$

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

Результаты испытаний следует внести в журнал.

Определение плотности мерзлого грунта методом взвешивания в нейтральной жидкости выполняют в соответствии с п. 11 ГОСТ 5180-2015 [43].

Плотность грунта  $\rho$ , г/см<sup>3</sup>, вычисляют по формуле:

$$\rho = \rho_{nl} * \frac{m}{(m - m_1)}, \quad (8)$$

где  $m$  – масса образца (до погружения), г;  $m_1$  – результат взвешивания образца в нейтральной жидкости – разность масс образца и вытесненной им жидкости, г;  $\rho_{nl}$  – плотность нейтральной жидкости при температуре испытаний, г/см<sup>3</sup>.

При применении метода обратного взвешивания плотность грунта вычисляют по формуле:

$$\rho = \rho_{nl} * \frac{m}{(m_4 - m_3)}, \quad (9)$$

где  $m_3$  – масса сосуда с нейтральной жидкостью, г;  $m_4$  – масса сосуда с нейтральной жидкостью и погруженным в нее образцом, г.

Результаты испытаний следует внести в журнал.

Определение относительного содержания органического вещества методом прокаливания до постоянной массы проводят согласно п. 5.2 ГОСТ 23740-2016 [32].

Относительное содержание органического вещества (гумуса) грунтов, в процентах, вычисляют по формуле:

$$I_r = \frac{m - m_1}{m} 100, \quad (10)$$

где  $I_r$  – относительное содержание органического вещества, %;  $m$  – масса сухого грунта, г;  $m_1$  – масса грунта после прокаливания, г.

Определение коррозионной агрессивности грунта к поверхности подземных стальных сооружений проводят согласно приложению А ГОСТ 9.602-2016 [44].

Испытание выполняют по четырехэлектродной схеме на постоянном или низкочастотном (от 100 до 1000 Гц) переменном токе. Внешние электроды с одинаковой площадью рабочей поверхности  $S_p$  поляризуют током определенной силы  $I_1$  и измеряют падение напряжения  $V_1$  между двумя внутренними электродами при расстоянии  $l_{MN}$  между ними.

Определение относительной деформации морозного пучения проводят согласно ГОСТ 28622-2012 [37].

Степень пучинистости грунта следует определять по значению относительной деформации морозного пучения  $\varepsilon_{fh}$ , полученному по результатам испытаний образцов грунта в специальных установках, обеспечивающих вертикальное промораживание образца исследуемого грунта в заданном температурном и влажностном режимах, и измерение перемещений его поверхности.

Значение  $\varepsilon_{fh}$  вычисляют как среднеарифметическое результатов параллельных определений. В процессе подготовки, проведения и обработки результатов испытаний ведут журнал.

Относительную деформацию морозного пучения образца грунта  $\varepsilon_{fh}$  вычисляют с точностью 0,01 по формуле:

$$\varepsilon_{fh} = \frac{h_f}{d_i}, \quad (11)$$

где  $h_f$  – вертикальная деформация образца грунта в конце испытания, мм;  
 $d_i$  – фактическая толщина промерзшего слоя образца грунта, мм.



Рисунок 3.7. Прибор УПГ-МГ4.01/Н «Грунт» для определения степени пучинистости грунта

Определение сопротивления мерзлого грунта срезу по поверхности смерзания проводят согласно ГОСТ 12248.8-2020 [25].

Характеристики определяют по результатам испытаний образцов грунта в одноплоскостных срезных приборах с фиксированной плоскостью среза путем приложения к образцу грунта, смороженного с образцом материала фундамента (в т.ч. с нанесенными смазками и покрытиями), грунтовым раствором или льдом, срезающей нагрузки при одновременном нагружении образца нагрузкой, нормальной к плоскости среза при заданной температуре испытаний. Температура испытаний устанавливается программой испытаний и составляет: для незасоленных грунтов - от  $[T_{bf} + (-0,3)]$  °С и ниже; для засоленных - от  $[T_{bf} + (-1,0)]$  °С и ниже, где  $T_{bf}$  – температура начала замерзания грунта.



Рисунок 3.8. Прибор одноплоскостного среза для испытания мерзлых грунтов автоматизированный ГТ 1.2.14

Определение сопротивления одноосному сжатию мерзлого грунта

проводят в соответствии с ГОСТ 12248.9-2020 [26].

Характеристики определяют по результатам нагружения образцов грунта вертикальной нагрузкой в условиях свободного бокового расширения с доведением образца до хрупкого разрушения или достижения незатухающей ползучести.

Характеристики определяют по результатам нагружения образцов грунта вертикальной нагрузкой в условиях свободного бокового расширения с доведением образца до хрупкого разрушения или достижения незатухающей ползучести.

Испытания по определению условно-мгновенного сопротивления одноосному сжатию  $R_{oc}$  проводят для расчета напряжения на каждой ступени нагружения при определении предельно длительного сопротивления нормальному давлению  $R_c$ . Также при определении предельно длительного сопротивления нормальному давлению  $R_c$  нагрузку при испытаниях допускается определять на основе расчетного сопротивления грунта под подошвой фундамента.



Рисунок 3.9. Автоматизированный испытательный комплекс АСИС с комплектом оборудования для испытаний образцов мерзлых грунтов методом одноосного сжатия

Определение степени разложения торфа методом сокращенного ситового анализа проводят согласно п. 8 ГОСТ 10650-2013 [10].

Показатель содержания фракций размером менее 250 мкм (в %) рассчитывают по сухому веществу параллельно взятой навески и ( $m_c$ ) сухому веществу остатка на сите ( $m_{ост}$ ) по формуле:

$$p_{250} = \frac{100(m_c - m_{ост})}{m_c}, \quad (12)$$

где  $m_c$  – массовая доля сухого вещества в навеске, г;  $m_{ост}$  – массовая доля сухого вещества в остатке на сите, г.

Определение касательных силы морозного пучения грунтов проводится согласно ГОСТ Р 56726-2015 [45].

Удельные касательные силы пучения  $\tau_{fh}$ , кПа, равные устойчивому сопротивлению сдвигу грунта, вычисляют с точностью 0,01 по формуле:

$$\tau_{fh} = \frac{Q}{A}, \quad (13)$$

где  $Q$  – сдвигающее усилие в конце испытания, кН;  $A$  – площадь смерзания образца грунта с поверхностью модели фундамента, м<sup>2</sup>.

Определение коэффициента истираемости грунта ВЫПОЛНЯЮТ В соответствии с методикой ДальНИИС [2].



Рисунок 3.10. Барабан полочный КП-123

Коэффициент истираемости грунта  $K_{fr}$ :

$$K_{fr} = \frac{q_1}{q_0}, \quad (14)$$

где  $q_1$  - масса частиц размером менее 2 мм после испытания крупнообломочных фракций грунта (частицы размером более 2 мм) на истирание в полочном барабане;  $q_0$  - начальная масса пробы крупнообломочных фракций (до испытания на истирание).

Определение коэффициент выветрелости грунта выполняют согласно ГОСТ 25100-2020 (таблица А 1, п.10, п.11) [33].

Коэффициент выветрелости грунта  $K_{wrt}$ :

$$K_{wrt} = \frac{K_1 - K_0}{K_1}, \quad (15)$$

где  $K_1$  – отношение массы частиц размером менее 2 мм к массе частиц размером более 2 мм после испытания грунта на истирание в полочном барабане;  $K_0$  – отношение массы частиц размером менее 2 мм к массе частиц размером более 2 мм грунта в природном состоянии.

Коэффициент выветрелости скального грунта  $K_w$ :

$$K_w = \frac{P_B}{P_{НВ}}, \quad (16)$$

где  $P_B$  – плотность выветрелого скального грунта, г/см<sup>3</sup>;  $P_{нв}$  – плотность невыветрелого скального грунта, г/см<sup>3</sup>.

### **3.3.3 Камеральные работы**

Целью камеральных работ является составление отчёта по итогам полевых и лабораторных изучений грунтов. Камеральная обработка материалов должна быть исполнена в соответствии действующих документов [66].

Текущую обработку материалов нужно производить с целью обеспечения проверки за полнотой и качеством инженерно-геологических работ и своевременной корректировки программы изысканий в зависимости от приобретённых промежуточных результатов изыскательских работ.

В процессе текущей обработки материалов изысканий выполняется систематизирование записей маршрутных наблюдений, просмотр и проверка описаний горных выработок, разрезов искусственных и естественных обнажений, составление графиков обработки полевых исследований грунтов, каталогов и ведомостей горных выработок, образцов грунтов и проб воды для лабораторных исследований, координирование между собой результатов отдельных видов инженерно-геологических работ (горных, геофизических, полевых изучений грунтов и др.), составление литологических колонок, горных выработок, предварительных инженерно-геологических разрезов, карты фактического материала, предварительных инженерно-геологических и гидрогеологических карт с пояснительными записями к ним [66].

При окончательной камеральной обработке совершается уточнение и доработка представленных предварительных материалов (в основном по результатам лабораторных исследований грунтов и проб подземных и поверхностных вод), оформление текстовых и графических приложений и составление текста технического отчёта о результатах инженерно-геологических изысканий, содержащего все необходимые сведения и данные об изучении, оценке и прогнозе возможных изменений инженерно-геологических условий, а



также рекомендации по проектированию и проведению строительных работ в соответствии с требованиями СП 47.13330.2016 предъявляемыми к материалам инженерных изысканий для строительства на соответствующем этапе (стадии) разработки предпроектной и проектной документации [66].

Итогом обработки данных полевых и лабораторных работ является инженерно-геологическое заключение с текстовыми и графическими приложениями, которые обязательно содержат:

- карту фактического материала;
- колонки инженерно-геологических выработок с физико-механическими характеристиками грунтов;
- ведомости исследований грунтов и воды;
- сводную инженерно-геологическую таблицу;
- отчет об инженерно-геологических изысканиях.

## 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 4.1. Технический план видов и объемов работ по проекту

Целью выполнения инженерно-геологических изысканий является комплексное изучение инженерно-геологических условий территории Ленского нефтегазоконденсатного месторождения и разработка проекта инженерно-геологических изысканий под объекты кустового основания Республики Саха (Якутия).

Участок изысканий находится на территории Ленского нефтегазоконденсатного месторождения Республики Саха (Якутия).

Согласно СП 47.13330.2016 (Таблица Г.1, Приложение Г) [66] инженерно-геологические условия территория оцениваются как средней сложности и относится ко II категории. Виды и объемы работ были определены в соответствии с СП 47.13330.2016 [66], СП 446.1325800.2019 [65], а также с учетом типа сооружения, этапа исследований, сложности инженерно-геологических условий. Виды и объёмы инженерно-геологических изысканий для стадии рабочего проекта приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Сводная таблица видов и объемов работ

№	Вид работ	Единица измерения	Объем	Примечание
	Полевые работы			
1	Топографо-геодезические работы	точка	10	СП 317.1325800.2017
2	Инженерно-геологическая рекогносцировка	км	1	СП 47.13330.2016
3	Термометрические наблюдения	скв.	1	ГОСТ 25358-2020
4	Определение глубины сезонного оттаивания грунта	скв.	3	ГОСТ 26262-2014
5	Испытания торфов на сопротивление вращательному срезу сдвигомером-крыльчаткой СК-8	исп.	3	ГОСТ 20276.5-2020
6	Опробование:			

Продолжение таблицы 4.1

	- отбор образцов с ненарушенной структурой	МОНОЛИТ	160	ГОСТ 12071-2014
	Лабораторные работы	опр.		
1	Определение гранулометрического состава грунта		110	ГОСТ 12536-2014
2	Определение естественной и суммарной влажностей		130	ГОСТ 5180-2015
3	Определение влажности на границе текучести		110	ГОСТ 5180-2015
4	Определение влажности на границе раскатывания		110	ГОСТ 5180-2015
5	Определение влажности мерзлого грунта, расположенного между ледяными включениями		80	ГОСТ 5180-2015
6	Определение влажности мерзлого грунта за счет незамерзшей воды		80	ГОСТ Р 59537-2021
7	Определение плотности грунта (в т.ч. мерзлого) методом режущего кольца		110	ГОСТ 5180-2015
8	Определение плотности частиц грунта		130	ГОСТ 5180-2015
9	Определение плотности мерзлого грунта методом взвешивания в нейтральной жидкости		50	ГОСТ 5180-2015
10	Определение относительного содержания органического вещества		130	ГОСТ 23740-2016
11	Определение коррозионной агрессивности грунтов к поверхности подземных стальных сооружений		36	ГОСТ 9.602-2016
12	Определение относительной деформация морозного пучения		66	ГОСТ 28622-2012
13	Определение сопротивления мерзлого грунта срезу по поверхности смерзания		66	ГОСТ 12248.8-2020
14	Определение сопротивления одноосному сжатию мерзлого грунта		48	ГОСТ 12248.9-2020
15	Определение степени разложения торфа		20	ГОСТ 10650-2013
16	Определение касательных сил морозного пучения грунтов		66	ГОСТ Р 56726-2015
17	Определение коэффициента истираемости		50	Методика ДальНИИС
18	Определение коэффициента выветрелости	50	ГОСТ 25100-2020	
	Камеральные работы			
1	Составление отчета	шт.	1	

Ниже производится расчет затраты времени на выполнения работ.

#### 4.2. Календарный план проведения работ

В таблице 4.2 представлен поэтапный календарный план проведения работ.

Таблица 4.2 – Календарный план проведения работ

Виды работ	Дата
Проектно-сметный	1 июня 2022 г. по 15 июня 2022 г.
Подготовительный	16 июня 2022 г. по 19 июня 2022 г.
Организационный	20 июня 2022 г. по 30 июня 2022 г.
Полевые работы	1 июля 2022 г. по 31 июля 2022 г.
Лабораторные работы	1 августа 2022г. по 20 августа 2022г.
Камеральные работы	21 августа 2022 г. по 25 августа 2022 г.

В таблице 4.3 представлена диаграмма Ганта. Данная диаграмма отражает все этапы и виды работ, их общую продолжительность по периодам выполнения.

Таблица 4.3 – Диаграмма Ганта

Виды работ	сут.	Продолжительность выполнения работ					
		1.06-15.06	16.06-30.06	1.07-15.07	16.07-31.07	1.08-15.08	16.08-31.08
Проектно-сметные	15	■					
Подготовительные	4		■				
Организационные	11		■				
Полевые	30			■	■		
Лабораторные	15					■	■
Камеральные	10						■

#### 4.3. Расчет сметной стоимости

Смета составлена на основании видов и объемов инженерно-геологических работ, запроектированных под реконструкцию автомобильной дороги. Стадия проектирования: рабочий проект.

Стоимость инженерно-геологических работ по справочнику базовых цен (1999 г.) на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства (цены приведены к базисному уровню на 01.01.1991 г.) и

сборнику цен на изыскательские работы для капитального строительства. Раздел «Геофизические изыскания».

При расчете сметной стоимости используются следующие коэффициенты:

$K=56,40$  – инфляционный коэффициент к итогу сметной стоимости согласно письму Минстроя России от 29.04.2022 N 19281-ИФ/09. Период, на который установлены индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных, проектных и изыскательских работ II квартал 2022 года;

накладные расходы – 20 % от суммы основных расходов;

плановые накопления – 10 % от суммы основных расходов;

коэффициент к итогу сметной стоимости изысканий – 1,1.

Таблица 4.4 – Расчет сметной стоимости

СМЕТА						
на выполнение инженерно-геологических изысканий						
Наименование объекта:		Подстанция бкВ, участок трассы ЛЭП бкВ Ленское нефтегазоконденсатное месторождение, Республика Саха (Якутия)				
№ п/п	Наименование видов работ	Обнование стоимости	Единица измерения	Объем	Расценка	Стоимость
Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства, ГОССТРОЙ РФ, 1999г.						
Раздел I. Полевые работы						
1	Инженерно-геологическая рекогносцировка при удовлетворительной проходимости, II категория сложности	табл.9 §2	1 км маршрута	1	1*27.0*1.2	32,4
2	Бурение скважины диаметром до 160 мм, глубиной до 15 м	табл.17 §1				
	I категории		1 м	5.4	5.4*36.0	194,4
	IV категории		1 м	46.6	46.6*45.6	2125,0
	V категории		1 м	15.0	15*47.9	718,5

Продолжение таблицы 4.4

3	Крепление скважины при бурении диаметром до 160 мм глубиной до 15 м	табл.18 §4	1 м	67	67.0*2.1	140,7
4	Отбор образцов с глубины до 10 м	табл.57 §1				
	из буровых скважин (связные грунты)		1 образец	130	130*22.9	2977,0
	скальные породы		1 образец	30	30*22.9*0.7	480,9
5	Плановая и высотная привязка при расстоянии между геологическими выработками или точками до 50 м	табл.93 §1	1 выработка (точка)	3	3*8,5	25,5
6	Плановая и высотная привязка при расстоянии между геологическими выработками или точками св. 250 до 350 м	табл.93 §4	1 выработка (точка)	4	4*18,4	73,6
7	Наблюдения в скважинах за температурой пород с частотой 1 раз в месяц	Таб.40 §3	1 точ./мес.	1	1*34.6	34,6
8	Промер глубин сезонного протаивания пород с частотой 1 раз в месяц	Таб.41 §3	1 точ./мес.	3	3*1.1*1.15	3,795
9	Испытание грунтов методом вращательного среза	Таб.46 §1	1 испытание	3	3*30.4	91,2
<b>Всего по разделу I</b>						<b>6897,6</b>
Раздел II. Лабораторные работы						
10	Влажность глинистых грунтов	табл.62 §1	1 образец	30	30*4.0	120
11	Влажность скальных грунтов	табл.67 §1	1 образец	30	30*1.9	57

Продолжение таблицы 4.4

12	Суммарная влажность глинистых грунтов в мерзлом состоянии	табл.62 §2	1 образец	80	80*7.1	568
13	Влажность торфа	табл.69 §1	1 образец	20	20*5.3	106
14	Плотность влажного грунта методом гидростатического взвешивания с парафинированием	табл.67 §2	1 образец	50	50*6.0	300
15	Плотность влажного грунта методом режущего кольца	табл.62 §4	1 образец	110	110*6.0	660
16	Плотность частиц грунта пикнометрическим методом	табл.62 §5	1 образец	130	130*7.2	936
17	Консистенция при ненарушенной структуре	табл.63 §3	1 образец	110	110*18.2	2002
18	Гранулометрический анализ ситовым методом и методом ареометра	табл.62 §23	1 образец	110	110*17.6	1936
19	Степень разложения торфа (микроскопическое определение)	табл.69 §6	1 образец	20	20*4.9	98
20	Коррозионная активность грунтов по отношению к стали	табл.75 §4	1 образец	36	36*18.2	364
21	Относительная деформация морозного пучения	табл. 63 §7(аналог) x2	определений	66	66*185.2	12223,2
22	Сопротивление мерзлого грунта срезу по поверхности смерзания	табл. 63 §31	определений	66	66*263.3	17397,6
23	Сопротивление одноосному сжатию мерзлого грунта	табл. 68 §7	определений	48	48*167.3	8030,4

Продолжение таблицы 4.4

24	Касательные силы морозного пучения грунтов	табл.63 §31	определений	66	66*263.6	17397,6
25	Определение влажности мерзлого грунта, расположенного между ледяными включениями	табл. 62 §2	определений	80	80*7.1	568
26	Определение влажности мерзлого грунта за счет незамерзшей воды	табл. 62 §2	определений	80	80*7.1	568
<b>Всего по разделу II</b>						<b>63331,8</b>
Раздел III. Камеральные работы						
27	Составление программы производства работ, II категории сложности	табл.81 §2	1 программа	1	1*500*1.25	625
28	Камеральная обработка материалов буровых и горнопроходческих работ, II категория сложности	табл.82 §1	1 м выработка	67.0	67*8.2	549,4
29	камеральная обработка комплексных исследований и отдельных определений физико-механических свойств грунтов:	табл.86				
	глинистых		§1	20 % от 1650		330
	глинистых мерзлых		§1	20 % от 4368 *1.5		1310,4
	скальных		§3	10 % от 357 *1.5		53,55
	торфа		§7	12 % от 468		56,16
30	камеральная обработка определения коррозионной активности грунтов	табл.86 §8				
	для талых		15 % от 163.8		24,57	



Конец таблицы 4.4

	для мерзлых		15 % от 491.4 *1.5			110,565
31	Камеральная обработка полевого испытания грунтов на сдвиг прибором вращательного среза	табл.8 3 §4	1 испытание	3	3*8.1	24,3
32	Камеральная обработка термометрических наблюдений и наблюдений за глубиной сезонного промерзания (протаивания) грунтов	табл.8 5 §3	10 замеров	1	1*8	8
33	камеральная обработка инженерно-геологической рекогносцировки при удовлетворительной проходимости, II категория сложности	табл.9 §2	1 км маршрута	1	1*18.5*1.2	22,2
34	составление отчета, II категории сложности	табл.8 7 §2	1 отчет	3114,1 5	3114.15*0.21*0. 9	588,57435
<b>Всего по разделу III</b>						3702,7
<b>Итого сметная стоимость работ</b>						73932,1
<b>Итого сметная стоимость работ с учетом районного коэффициента (п.8 д общ.ук.) К=1,1</b>						81325,3
<b>Итого по смете с учетом инфляц.индекса 56.40</b>						4586745,8 9
<b>Накладные расходы</b>						917349,2
<b>Плановые накопления</b>						458674,58 9
<b>С учетом НДС 20 %</b>						7155323,5 9
Составил:		Петрова В.В.				

Согласно сметному расчету, стоимость комплекса инженерно-геологических изысканий составит 4 586 745, 89 руб. (четыре миллиона пятьсот

восемьдесят шесть тысяч семьсот сорок пять рублей восемьдесят девять копеек), с учетом НДС.

## **5 Социальная ответственность при проведении инженерно-геологических изысканий**

Ленское нефтегазоконденсатное месторождение в физико-географическом отношении расположено в юго-восточной части Средне-Сибирского плоскогорья, в бассейне реки Нюя (левый приток первого порядка реки Лена).

Климат рассматриваемой территории резко континентальный, для него характерны долгая и холодная зима, короткое и теплое лето, а также быстрые переходы от холода к теплу и наоборот. Поверхность на большей части района работ ровная, слабонаклонная, покрыта смешанным лесом. Территория изысканий находится в подзоне южной тайги, в области распространения островной мерзлоты.

Все намеченные полевые работы планируется проводить в благоприятный период.

Целью проектирования является изучение инженерно-геологических условий Ленского нефтегазоконденсатного месторождения и проект инженерно-геологических изысканий под объекты кустового основания.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Каждый рабочий должен быть проинструктирован по безопасности труда и обеспечен средствами индивидуальной и коллективной защиты.

Рабочий несет ответственность за:

1. соблюдение правил внутреннего трудового распорядка;
2. выполнение всех требований инструкций (паспортов) заводов - изготовителей оборудования и инструкции по охране труда, правил пожаро и электробезопасности;
3. выполнение всех работ (должны быть выполнены качественно);

4. сохранность закрепленного за ним оборудования, приспособлений и инструмента;

5. аварии, несчастные случаи и другие нарушения, причиной которых явились действия рабочего, нарушающего требования инструкций (паспортов) заводов-изготовителей оборудования и инструкции по охране труда.

Перед началом работ рабочий должен:

1. проверить наличие защитных средств;
2. проверить наличие средств пожаротушения;

3. ознакомиться с условиями производства и характером работ и поучить разрешение на производство работ у лица, ответственного за безопасное производство работ.

Перед началом работ должны быть определены опасные зоны, в которых возможно воздействие опасных производственных факторов, связанных или не связанных с технологией и характером выполняемых работ.

Все работники лаборатории обязаны пройти инструктаж по технике безопасности: знать меры при возникновении ЧС, расположение первичных средств пожаротушения, план эвакуации и нахождение кнопок оповещения.

#### Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 [20] при организации рабочих мест необходимо учитывать то, что конструкция рабочего места, его размеры и взаимное расположение его элементов должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психофизиологическим данным человека, а также характеру.

Помещение должно быть просторным, хорошо проветриваемым и в меру светлым.

Конструкция и обустройство рабочего места должны обеспечивать оптимальную рабочую позу работника, учитывающую и не препятствующую естественным физиологическим процессам организма работника и

обеспечивающую оптимальную возможность выполнения работы, для которой предназначено рабочее место.

## **5.2 Производственная безопасность**

Для решения задач инженерно-геологических изысканий на участке в связи с II степенью сложности инженерно-геологических условий в соответствии с техническим заданием и ответственностью проектируемого сооружения, проектом предусматриваются следующие виды работ:

- топографические работы;
- буровые работы;
- полевые работы;
- лабораторные работы;
- камеральные работы;

Все намеченные полевые работы планируется проводить в летний период. Опасные и вредные факторы которые могут возникнуть в процессе проведения установленных видов работ.

Анализ опасных и вредных факторов приведен согласно ГОСТ 12.0.003-2015 и представлен в таблице 5.1 [12].

Таблица 5.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие вредные и опасные факторы при выполнении инженерно-геологических работ

Этапы работ	Наименование запроектированных видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
		Вредные	Опасные	
Полевой (на открытом воздухе)	<p>1. Рекогносцировка;</p> <p>2. Топогеодезические работы;</p> <p>3. Буровые работы</p> <p>4. Опробование грунтов</p> <p>5. Термометрические наблюдения</p> <p>6. Полевые работы (определение плотности методом лунки и испытание грунтов горячими штампами)</p>	<p>1. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе;</p> <p>2. Превышение уровней шума и вибрации;</p> <p>3. Тяжесть физического труда;</p> <p>4. Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися</p>	<p>1. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования;</p> <p>2. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей потенциалов, под действие которого попадает работающий</p> <p>3. Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися;</p> <p>4. Пожаровзрывоопасность</p>	<p>ГОСТ 12.2.003-91;</p> <p>ГОСТ 12.2.062-81;</p> <p>ГОСТ 12.3.009-76;</p> <p>ГОСТ 12.4.011-89;</p> <p>ГОСТ 12.4.125-83;</p> <p>ГОСТ 12.1.005-88;</p> <p>ГОСТ 23407-78;</p> <p>ГОСТ 12.1.019-79;</p> <p>ГОСТ 12.1.030-81;</p> <p>ГОСТ 12.1.006-84;</p> <p>ГОСТ 12.1.038-82;</p> <p>ГОСТ 12.1.003-2014;</p> <p>ГОСТ 12.1.012-2004; ГОСТ 12.4.002-97;</p> <p>ГОСТ 12.4.024-86;</p> <p>ГОСТ 12.1.007-76;</p> <p>ГОСТ 12.1.004-91;</p> <p>ГОСТ 12.4.088-80;</p> <p>ГОСТ 12.4.084-80</p>

Продолжение таблицы 5.1

Лабораторный и камеральный (внутри помещения)	<p>Лабораторные работы: 1. Определение физико-механических свойств грунтов. 2. Написание геологического отчета с использованием ЭВМ</p>	<p>1. Отклонение показателей микроклимата в помещении; 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. Превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений; 4. Повышенная запыленность рабочей зоны; 5. Монотонность труда и умственное перенапряжение; 6. Утечки токсических и вредных веществ в рабочую зону</p>	<p>1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий</p>	<p>ГОСТ 12.1.045-84; СП 52.13330.2011; СанПиН 2.2.4.548-96; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; СанПиН 2.2.4.3359-16; СН 2.2.4/2.1.8.566-96; ГОСТ 12.1.003-2014; СН 2.2.4/2.1.8.562-96; ГОСТ 12.1.012-2004; ГОСТ 12.2.003-91; СНиП 2.04.05-91; ГОСТ Р 12.1.019-2009; ГОСТ 12.1.004-91; ГОСТ 12.1.005-88; СанПиН 2.2.1/2.1.11278-03; ПУЭ; ГОСТ 17.2.1.03-84; ГОСТ 17.4.3.04-85</p>
---	---	--	---	---

**5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов и обоснование мероприятий по защите от их воздействия**

*Полевой этап*

Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе

При повышенной температуре воздуха рабочей зоны организм человека не справляется с терморегуляцией и возникает перегрев. Перегревание (гипертермия) сопровождается повышением температуры тела до 38°C. В тяжелых случаях гипертермия протекает в форме теплового удара, при этом температура тела повышается до 40 °С и пострадавший теряет сознание.

В полевых условиях обустраиваются места отдыха.

Для предотвращения перегрева рабочего персонала на открытых площадках необходимо предусмотреть солнцезащитные сооружения. Рабочая одежда должна выполняться преимущественно из легких натуральных тканей светлых тонов.

Так же рабочая бригада должна быть укомплектована спецодеждой на время неблагоприятных погодных условий [38,39].

Оптимальные показатели распространяются на всю рабочую зону, а допустимые устанавливаются отдельно для постоянных и непостоянных рабочих мест в тех случаях, когда по технологическим, техническим или экономическим причинам невозможно обеспечить оптимальные нормы [15].

### Превышение уровней шума и вибрации

С точки зрения безопасности труда в геологоразведочном деле вибрация и шум – одни из наиболее распространенных вредных производственных факторов на производстве.

Шум может создаваться работающим оборудованием: буровыми установками, машинами. Предельно допустимые значения, характеризующие шум, регламентируются согласно ГОСТ 12.1.003-2014 [13].

Основные мероприятия по борьбе с шумом:

- качественное изготовление деталей станков и машин;
- замена металлических соударяющихся деталей на неметаллические;
- правильная организация труда и отдыха (устройство кратковременных перерывов в работе);



– применение средств индивидуальной защиты [41].

Вибрация – это совокупность механических колебаний, испытываемых каким-либо телом. Источником вибрации является буровая установка и установка статического зондирования.

В результате развития вибрационной болезни нарушается нервная регуляция, теряется чувствительность пальцев, расстраивается функциональное состояние внутренних органов.

Согласно ГОСТ 12.1.012-2004 [17] наиболее опасна для человека вибрация с частотой 16-250 Гц. В результате развития вибрационной болезни нарушается нервная регуляция, теряется чувствительность пальцев, расстраивается функциональное состояние внутренних органов.

Основные мероприятия по борьбе с вибрацией:

– виброизоляция – применение пружинных, резиновых и других амортизаторов или упругих прокладок;

– правильная организация труда и отдыха.

– активная гимнастика рук, теплые водяные ванны для конечностей и другие;

– применение средств индивидуальной защиты.

В качестве средств индивидуальной защиты применяются рукавицы с прокладкой на ладонной поверхности и обувь на толстой мягкой подошве.

### Тяжесть физического труда

Основным его показателем физического труда является тяжесть. Так как в данном проекте предусматривается бурение скважин глубиной 13,5 м, то, согласно Р 2.2.2006-05, по всем показателям тяжести трудового процесса класс условий труда оптимальный. За исключением показателя -наклоны корпуса – более 51 за смену. По рабочей позе – класс вредный первой степени. По массе поднимаемого и перемещаемого груза вручную постоянно в течении рабочей

смены – вредный класс от первой до второй степени. Кроме этого, персонал, занятый на данном виде исследований, работает вахтовым методом с ненормированным рабочим днем.

Для облегчения тяжелого физического труда используют различные машины, обеспеченные системой органов управления, правильно организуют рабочее время [48].

*Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися*

Профилактика природно-очаговых заболеваний имеет особое значение в полевых условиях. Разносят их насекомые, дикие звери, птицы и рыбы. Наиболее распространенные природно-очаговые заболевания:

- весенне-летний клещевой энцефалит, туляремия, гельминтоз;
- укусы, удары и другие повреждения, нанесенные животными и пресмыкающимися;
- укусы и ужаливания ядовитых насекомых, пресмыкающимися и животными.

***Камеральный и лабораторный этапы***

*Отклонение показателей микроклимата в помещении*

Одним из необходимых условий нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях.

Интенсивность теплового облучения не должна превышать 35 Вт/м<sup>2</sup> при облучении 50% поверхности человека и более, согласно СанПиН 1.2.3685-21 [50].

В камеральных помещениях необходимо предусматривать систему отопления, которая должна обеспечивать оптимальное нагревание помещения в холодный период года.

При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах:

– перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3° С;

– перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать 4 °С.

При этом абсолютные значения температуры воздуха не должны выходить за пределы величин, указанных в таблице 5.3 для отдельных категорий работ.

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

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения 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*(2)	0,1	0,1
Теплый	Ia (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75*(2)	0,1	0,2

### Недостаточная освещенность рабочей зоны

При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства.

Нормирование освещенности производится в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [50].

При работе на ЭВМ, применяют одностороннее боковое естественное освещение. Если экран дисплея обращен к оконному проёму, необходимы светорассеивающие шторы, жалюзи и т.д.

Для искусственного освещения помещений следует использовать светильники с люминесцентными лампами общего освещения диффузные ОД-2-80.

Согласно действующим строительным нормам и правилам для искусственного освещения регламентирована наименьшая допустимая освещённость рабочих мест, а для естественного и совмещённого – коэффициент естественной освещённости (КЕО). Нормирование освещенности производится в соответствии с межотраслевыми нормами и правилами, которые устанавливают минимальный (нормативный) показатель освещенности – это СП 52.13330.2016 [68] и СанПиН 1.2.3685-21 [50].

Кроме количественных, нормируются и качественные показатели освещённости. Так, для ограничения неблагоприятного действия пульсирующих световых потоков газоразрядных ламп установлены предельные значения коэффициентов пульсации освещённости рабочих мест в пределах 10-20% в зависимости от разряда зрительной работы.

### Превышение уровней электромагнитного и ионизирующего излучения

Персональные ЭВМ являются источниками широкополосных электромагнитных излучений.

Уровни допустимого облучения определены в ГОСТ 12.1.006-84 [16]. Нормативными параметрами в диапазоне частот 60 кГц – 300 МГц являются напряженности  $E$  и  $H$  электромагнитного поля. В диапазоне низких частот интенсивность излучения не должна превышать 10 В/м по электрической составляющей, а по стандартам MPR II не должна превышать 2.5 В/м по электрической и 0.5 А/м по магнитной составляющей напряженности поля.

В целях снижения напряженности электростатического поля необходимо удалить пыль с экрана и поверхности монитора сухой хлопчатобумажной тканью.

К мероприятиям по обеспечению безопасности условий труда при работе на ЭВМ относят защиту расстоянием, временем, средствами индивидуальной защиты и т.п.

Организация безопасности работы на ЭВМ и ВДТ регламентирована СанПиН 1.2.3685-21 [50].

#### Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

При проведении лабораторных исследований в воздух выделяются вредные и опасные твердые и жидкие вещества, а также пары и газы.

Пыль является основной производственной вредностью в горнодобывающей промышленности. Аэрозоли дезинтеграции образуются при дроблении какого-либо твердого вещества, например, в дезинтеграторах, дробилках, мельницах и других процессах.

Биологическая активность пыли зависит от ее химического состава. Фиброгенность пыли определяется содержанием в ней свободной двуокиси кремния ( $SiO_2$ ). Пыль железной руды содержит до 30% свободной  $SiO_2$ . Чем больше содержание в пыли свободной двуокиси кремния, тем она более агрессивна.

Пыль, попадая в организм человека, оказывает фиброгенное воздействие. При длительном вдыхании пыли возникают профессиональные заболевания легких – пневмокониозы.

Для воздуха рабочей зоны производственных помещений и открытых площадок в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 устанавливают предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ [15].

Мероприятие для снижения содержания пыли в воздухе рабочей зоны в лабораториях является использование вентиляции. При отдельных лабораторных испытаниях во время которых выделяется большое количество пыли используют респираторы.

#### Утечки токсических и вредных веществ в атмосферу

Для обеспечения поддержания в воздухе безопасной концентрации вредных веществ, здания и помещения лабораторий должны быть устроены и оборудованы в соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами СП 2.2.3670-20 [58].

Для предупреждения химических ожогов необходимо соблюдать правила безопасности при розливе и переноске реактивов. Все операции, связанные с применением ядовитых, огне- или взрывоопасных веществ, необходимо проводить в вытяжном шкафу под тягой на удалении от других работ, при работающей вентиляции, с обязательным соблюдением всех мер предосторожности.

Спецодежда служит для защиты работающих от неблагоприятных воздействий производственной среды (механических, химических термических) и природных факторов. Ткани спецодежды должны соответствовать требованиям ГОСТ 11209-2014, быть достаточно прочными, носкими, мягкими, легкими и не вызывать раздражения кожи [11].

## Монотонность труда и умственное перенапряжение

Факторы трудового процесса: тяжесть труда и монотонность труда проводится в соответствии с руководством Р 2.2.2006-05 [48].

Умственный труд классифицируется по напряженности труда.

В соответствии с Р 2.2.2006-05 [48] класс условий труда по напряженности трудового процесса характеризуется как вредный:

- решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкции);
- обработка, проверка и контроль за выполнением задания;
- работа в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат.

Основным показателем трудовой деятельности человека принято считать его работоспособность, то есть способность производить действия, характеризующаяся количеством и качеством работы за определенное время.

### **5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов и обоснование мероприятий по защите от их воздействия**

#### *Полевой этап*

Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

Опасностями поражения током при проведении полевых работ являются поражения от токонесущих элементов каротажной станции (подъемника, лаборатории и скважинных приборов), поэтому требования безопасности сводятся, в основном, к мерам электробезопасности.

Причинами поражения электрическим током могут быть: повреждение изоляции электропроводки, неисправное состояние электроустановок,

отсутствие заземления и др. Поэтому работа на каротажных станциях требует помимо соответствующей квалификации персонала большого внимания и строгого соблюдения правил электробезопасности.

Корпуса всех агрегатов должны быть надежно заземлены. Для защиты от прямых ударов молний применяются молниеотводы. Металлические буровые вышки в целях грозозащиты должны иметь заземление не менее чем в двух точках, отдельно от контура защитного заземления. Запрещается во время грозы производить работы на буровой установке, а также находиться на расстоянии ближе 10 м от заземляющих устройств грозозащиты, согласно ГОСТ 12.1.019-2017 [18].

Во избежание электротравм следует проводить следующие мероприятия:

1. перед началом работы проверять наличие, исправность и комплектность диэлектрических защитных средств

2. все технологические операции, выполняемые на приёмных и питающих линиях, должны проводиться по заранее установленной и утвержденной системе команд, сигнализации и связи.

3. целью предупреждения работающих об опасности поражения электрическим током широко используют плакаты и знаки безопасности. В зависимости от назначения плакаты и знаки делятся на предупреждающие, запрещающие, предписывающие и указательные [18].

Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования;  
острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок,  
инструментов и оборудования

При работе в полевых условиях используются движущиеся механизмы, а также оборудование, которое имеет острые кромки. Для предотвращения несчастных случаев, связанных с оборудованием и машинами, каждого работника нужно проинструктировать по технике безопасности. Основным



документом, регламентирующим работу с производственным оборудованием, является ГОСТ 12.1.003-2014 [13].

До начала бурения следует тщательно проверить и устранить все неисправные механизмы буровой установки и другого вспомогательного оборудования.

При передвижении буровой установки работники буровой бригады должны находиться в кабине водителя, в количестве, не превышающем указанного в техническом паспорте транспортного средства.

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014 [13] все опасные зоны оборудуются ограждениями. Согласно ГОСТ 12.4.026-2015 [22] вывешиваются инструкции, и плакаты по технике безопасности, предупредительные надписи и знаки, а так же используются сигнальные цвета. Вращающиеся части, и механизмы оборудуются кожухами и ограждениями. Средство индивидуальной защиты: каска, которая выдается каждому члену бригады согласно ГОСТ 12.4.011-89 [21].

### ***Лабораторный и камеральный этапы***

#### ***Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий***

Источником электрического тока в помещении может выступать неисправность изоляции токоведущих частей оборудования, неисправность электропроводки и т.д.

Помещение лаборатории и компьютерного класса по опасности поражения людей электрическим током, согласно ПУЭ, относится к помещениям без повышенной опасности поражения людей электрическим током, которые характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность:

- влажность не превышает 75% (45%);

- температура не превышает 35°C (22 °C);
- отсутствуют токопроводящая пыль;
- отсутствуют токопроводящие полы (бетонные полы, покрытые линолеумом в камеральном помещении и резиновые коврики возле электрических приборов в лаборатории);
- возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землёй металлоконструкциям зданий, механизмов, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Общие требования по электробезопасности отражены в ГОСТ 12.1.019-2017 [18] и ГОСТ 12.1.038-82 [19]:

– при работе на ЭВМ все узлы одного компьютера и подключенное к нему периферийное оборудование должно питаться от одной фазы электросети.

– для отключения компьютерного оборудования должен использоваться отдельный щит с автоматами защиты и общими рубильниками.

К основным мероприятиям, направленным на ликвидацию причин травматизма, относятся:

– систематический контроль состояния изоляции электропроводов и кабелей;

– разработка инструкций по техническому обслуживанию и эксплуатации средств вычислительной техники, и контроль за их соблюдением;

– соблюдение правил противопожарной безопасности;

– своевременное и качественное выполнение работ по проведению планово- профилактических испытаний и предупредительных ремонтов.

### **5.3 Экологическая безопасность**

Инженерно-геологические работы, как и прочие производственные виды деятельности человека, наносят вред окружающей среде. При производстве работ выполняются все требования по охране и защиты окружающей среды.

Экологическую безопасность регламентируют ГОСТ Р 59061-2020 [46], ГОСТ 17.1.3.06-82 [29], ГОСТ 17.1.3.02- 77 [28].

Во время инженерно-геологических работ следует:

- исключать все действия, наносящие вред компонентам окружающей среды и человеку;
- после завершения буровых работ все выработки ликвидируются;
- проходка горных выработок будет осуществляться с соблюдением всех норм правил и нормативных документов;
- все работники обязаны соблюдать требования законодательства Российской Федерации.

Загрязнение бытовыми и строительными отходами во время проведения изысканий будет исключено за счет использования пластиковых контейнеров под отходы с дальнейшим вывозом с места производства работ. Загрязнение воздуха при проведении инженерных изысканий не должно превышать допустимых норм.

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

- обязательна ликвидация возможных вредных последствий;
- не допускается разведение костров, за исключением специально оборудованных для этого мест;
- не допускается загрязнение участка проведения работ;
- необходимо строго соблюдать правила пожарной безопасности;
- установка маслосборников для быстрого удаления ГСМ;
- ликвидация скважин методом послойной засыпки ствола, с послойной трамбовкой.

По окончании буровых работ должна быть проведена рекультивация.

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.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Под источником чрезвычайных ситуаций (ЧС) понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространенную инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошло или может возникнуть ЧС [50].

ЧС могут быть классифицированы по значительному числу признаков:

- по происхождению (антропогенные, природные);
- по продолжительности (кратковременные затяжные);
- по характеру (преднамеренные, непреднамеренные);
- по масштабу распространения.

К природным чрезвычайным ситуациям относятся:

- геофизические опасные явления - землетрясения, извержения вулканов и т. д.;
- геологические опасные явления - оползни, сели, обвалы, пыльные бури и т. д.;
- метеорологические опасные явления - бури, заморозки, суховей, засуха и т. д.;
- гидрологические опасные явления - наводнения, половодья, подтопление и т. д.;
- гидрогеологические опасные явления - опасно высокие уровни грунтовых вод и т. д.;
- природные пожары - лесные, торфяные, пожары степных и хлебных массивов.

Техногенные ЧС связаны с производственной деятельностью человека и классифицируются на:

- транспортные аварии;
- пожары и взрывы;
- аварии с выбросом химически опасных веществ;
- внезапное обрушение зданий;

На устойчивость работы объекта в условиях ЧС оказывают влияние следующие факторы:

- район расположения объекта;
- внутренняя планировка и застройка территории объекта;
- подготовленность персонала к работе в ЧС;
- надежность системы управления производством; характеристика технологического процесса (используемые вещества, методы обработки и проч.) и ряд других.

Необходимо уделять значительное внимание защите рабочих и служащих. Для этого на объектах строятся убежища и укрытия, создается и поддерживается в постоянной готовности система оповещения о возникновении ЧС. Персонал, обслуживающий объект, должен знать о режиме его работы в случае возникновения ЧС, а также быть обученным выполнению конкретных работ по ликвидации очагов поражения.

Возможные чрезвычайные ситуации в районе проектируемого строительства могут быть как техногенного (пожары и взрывы) характера, так и природного.

В районе проводимых работ возможны следующие чрезвычайные ситуации:

1. техногенного характера:
  - пожары (взрывы) в зданиях;
  - пожары (взрывы) на транспорте.

2. природного характера:

- курумы.

Курумы представляют собой огромные скопления крупных обломков горных пород, чаще в виде глыб. Курумы являются фактором, осложняющим инженерно- геологическую обстановку. Наиболее опасны курумы, скорость движения которых составляет 1,5-2,0 см/в год и курумы с льдогрунтовым основанием. Необходимо учитывать возможность оттаивания льдогрунта в процессе освоения территории, что повлечет за собой значительные неравномерные осадки и катастрофические подвижки обломочного материала. Хорошие результаты по борьбе с курумами можно получить, создавая систему отвода поверхностных вод нагорными канавами. Строительные объекты следует закладывать на тех участках курумов, которые перешли в разряд затухших.

#### Пожары (взрывы) в зданиях

Необходимо немедленно вызвать пожарную охрану. Ни в коем случае не тушить водой горящие электропроводку и электроприборы, находящиеся под напряжением – это опасно для жизни. Никогда не прячьтесь в задымленном помещении в укромные места.

Мероприятия по предупреждению пожаров (взрывов) в здании:

- разработка, внедрение и контроль за соблюдением пожарных норм и правил;
- ведение конструирования и планирования с учетом пожарной безопасности создаваемых объектов;
- совершенствованием и содержанием в готовности противопожарных средств;
- регулярным проведением пожарно-технических обследований зданий;

- для избежания пожаров необходимо избегать хранение значительного количества воспламеняющихся и горючих жидкостей, а также склонных к самовозгоранию и способных к взрыву веществ;
- содержать в исправном состоянии выключатели, розетки сети электроснабжения, и др. приборы;
- пропаганда пожарно-технических знаний среди населения.

### Пожары (взрывы) на транспорте

При возникновении пожара нужно немедленно покинуть салон транспортного средства, прикрывая дыхательные пути. Выбравшись, нужно отойти на безопасное расстояние, немедленно сообщив о случившемся и оказав при необходимости первую медицинскую помощь.

Мероприятия по предупреждению пожаров (взрывов) на транспорте:

- периодически проверять используемую машину;
- следить за ее состоянием и своевременно проходить технический осмотр;
- иметь в транспорте исправный огнетушитель и уметь его использовать.

В пожароопасный сезон запрещается:

- разводить костры в хвойных молодняках, торфяниках, в местах с подсохшей травой, а также под кронами деревьев и т.д. В остальных местах разведение костров допускается на площадках, окаймленных минерализованной полосой шириной не менее 0,5 метра. По истечении надобности костер должен быть тщательно засыпан землей или залит водой до полного прекращения тления;
- бросать горящие спички, окурки и горячую золу из курительных трубок;
- оставлять промасленный или пропитанный бензином, керосином и т.д.;
- заправлять горючим топливные баки двигателей внутреннего сгорания при работе двигателя, использовать машины с неисправной системой питания

двигателя, а также курить или пользоваться открытым огнем вблизи машин, заправляемых горючим.

На производстве могут возникнуть следующие классы пожаров:

- класс «А» - пожары, в которых горят различные твёрдые вещества и материалы;
- класс «Е» - происшествия, затрагивающие исключительно электроустановки под большим напряжением.

Первичными средствами пожаротушения являются:

- переносные и передвижные огнетушители (например, ОП-3, ОУ-3);
- пожарные краны и средства обеспечения их использования;
- пожарный инвентарь;
- покрывала (противопожарное полотно) для изоляции очага возгорания;
- генераторные огнетушители аэрозольные переносные.

В местах проведения работ и расположения объектов следует иметь первичные средства пожаротушения.

**Выводы по разделу:** При проектировании инженерно-геологических изысканий под объекты кустового основания необходимо руководствоваться законодательными и нормативными актами Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, строительными нормами и правилами, государственными стандартами Российской Федерации, сводами правил, а также иными федеральными нормативными документами, регулирующими деятельность в области производства инженерных изысканий.

Соблюдение техники безопасности труда при производстве инженерно-геологических изысканий является неотъемлемой частью всего комплекса работ.

Следует отметить, что не соблюдение правил безопасности ведения работ влечет за собой негативные последствия для жизни и здоровья человека.

Каждая организация уделяет особое внимание на соблюдение этих норм и правил, а также социальную поддержку работников компании.



## Заключение

В данной работе были рассмотрены инженерно-геологические, геокриологические, гидрогеологические условия района работ и составлен проект инженерно-геологических изысканий для строительства блока градирен.

Дана детальная характеристика инженерно-геологических условий участка работ. В результате анализа пространственной изменчивости показателей свойств грунтов в пределах района работ выделено 12 инженерно-геологических элементов. Для каждого инженерно-геологического элемента представлены нормативные и расчетные показатели физико-механических свойств. Проведена оценка категории сложности инженерно-геологических и геокриологических условий участка работ. По результатам оценки категория сложности – II (средняя).

На площадке района работ следует применять I принцип использования грунтов в качестве оснований.

В ходе проекта были составлены карта инженерно-геологических условий (приложение Б), геолого-технический наряд на бурение инженерно-геологической скважины (приложение Д) и определены виды и объемы работ.

Сметная стоимость комплекса инженерно-геологических изысканий по проекту составила 4 586 745,89 рублей с учетом НДС.

## Список использованной литературы

### *Опубликованная литература*

1. Блажкун, Д. В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Верхневилуйская. Листы Р-49-XXXIII (р. Тымпычан), Р-49-XXXIV (Хамаакы), О-49-III (Терешкино). Объяснительная записка / Д. В. Блажкун, Е. И. Ивашин. — Москва : МПР России, "Якутскгеология", 1998. — 78 с. — Текст : непосредственный.

2. ДальНИИС Методика оценки прочности и сжимаемости крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями / ДальНИИС. — Москва : Стройиздат, 1989. — 24 с. — Текст : непосредственный.

3. Ершова, Э. Д. Деформации и напряжения в промерзающих и оттаивающих породах / Э. Д. Ершова. — Москва : Издательство Московского университета, 1985. — 171 с. — Текст : непосредственный.

4. Ершова, Э. Д. Полевые методы геокриологических исследований. Методическое руководство по учебной практике для студентов геологического факультета МГУ / Э. Д. Ершова, Г. И. Гордеева. — Москва : Издательство Московского университета, 1986. — 142 с. — Текст : непосредственный.

5. Ребрик, Б. М. Справочник по бурению инженерно-геологических скважин / Б. М. Ребрик / Б. М. Ребрик. — Москва : Недра, 1983. — 288 с. — Текст : непосредственный.

6. Фомин, А. Г. Рекомендации по производству буровых работ при инженерно-геологических изысканиях для строительства / А. Г. Фомин. — Москва : Издательство литературы по строительству, 1970. — 80 с. — Текст : непосредственный.

### *Электронные ресурсы*

7. Буровые коронки твердосплавные. — Текст : электронный // ПКФ Красный Октябрь : [сайт]. — URL: <https://pkfko.ru/Burovie-koronki-tverdosplavnie.html> (дата обращения: 15.05.2022).

8. Справочная информация: "Индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ, индексы изменения сметной стоимости проектных и изыскательских работ для строительства" . — Текст : электронный // КонсультантПлюс надежная правовая проверка : [сайт]. — URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_39473/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_39473/) (дата обращения: 20.05.2022).

9. УРБ 2А2 установка разведочного бурения. — Текст : электронный // Drillings.ru Буровой портал : [сайт]. — URL: <http://www.drillings.ru/page177> (дата обращения: 15.05.2022).

#### *Нормативная документация*

10. ГОСТ 10650-2013. Торф. Методы определения степени разложения (Переиздание с Поправкой) – Текст : непосредственный.

11. ГОСТ 11209-2014. Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний – Текст : непосредственный.

12. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Поправками) – Текст : непосредственный.

13. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание) – Текст : непосредственный.

14. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности – Текст : непосредственный.

15. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно- гигиенические требования к воздуху рабочей зоны – Текст : непосредственный.

16. ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля – Текст : непосредственный.

17. ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования – Текст : непосредственный.

18. ГОСТ 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (с Поправкой) – Текст : непосредственный.

19. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов – Текст : непосредственный.

20. ГОСТ 12.2.032-78. «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические – Текст : непосредственный.

21. ГОСТ 12.4.011-89. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация – Текст : непосредственный.

22. ГОСТ 12.4.026-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний (с Поправками, с Изменением N 1) – Текст : непосредственный.

23. ГОСТ 12.4.125-83. Система стандартов безопасности труда. Средства коллективной защиты работающих от воздействий механических факторов. Классификация – Текст : непосредственный.

24. ГОСТ 12071-2014. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов – Текст : непосредственный.

25. ГОСТ 12248.8-2020. Грунты. Определение характеристик прочности мерзлых грунтов методом среза по поверхности смерзания – Текст : непосредственный.
26. ГОСТ 12248.9-2020. Грунты. Определение характеристик прочности и деформируемости мерзлых грунтов методом одноосного сжатия – Текст : непосредственный.
27. ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава – Текст : непосредственный.
28. ГОСТ 17.1.3.02-77. «Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила охраны вод от загрязнения при бурении и освоении морских скважин на нефть и газ» – Текст : непосредственный.
29. ГОСТ 17.4.3.04-85. «Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения» – Текст : непосредственный.
30. ГОСТ 20276.5-2020. Грунты. Метод вращательного среза (с Поправкой) – Текст : непосредственный.
31. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний – Текст : непосредственный.
32. ГОСТ 23740-2016. Грунты. Методы определения содержания органических веществ (с Поправкой) – Текст : непосредственный.
33. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация – Текст : непосредственный.
34. ГОСТ 25358-2020. Грунты. Метод полевого определения температуры – Текст : непосредственный.
35. ГОСТ 26262-2014. Грунты. Методы полевого определения глубины сезонного оттаивания (с Изменением N 1) – Текст : непосредственный.
36. ГОСТ 28514-90 (СТ СЭВ 6016-87). Строительная геотехника. Определение плотности грунтов методом замещения объема – Текст : непосредственный.

37. ГОСТ 28622-2012. Грунты. Метод лабораторного определения степени пучинистости (Переиздание) – Текст : непосредственный.
38. ГОСТ 29335-92. Костюмы мужские для защиты от пониженных температур. Технические условия – Текст : непосредственный.
39. ГОСТ 29338-92. Костюмы женские для защиты от пониженных температур. Технические условия – Текст : непосредственный.
40. ГОСТ 30672-2019. Грунты. Полевые испытания. Общие положения – Текст : непосредственный.
41. ГОСТ 31300-2005 (ЕН 12639:2000). Шум машин. Насосы гидравлические. Испытания на шум – Текст : непосредственный.
42. ГОСТ 3882-74 (ИСО 513-75). Сплавы твердые спеченные. Марки (с Изменениями N 1-6, с Поправкой) – Текст : непосредственный.
43. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик – Текст : непосредственный.
44. ГОСТ 9.602-2016. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии (с Поправками) – Текст : непосредственный.
45. ГОСТ Р 56726-2015. Грунты. Метод лабораторного определения удельной касательной силы морозного пучения (с Изменением N 1) – Текст : непосредственный.
46. ГОСТ Р 59061-2020. Охрана окружающей среды. Загрязнение атмосферного воздуха. Термины и определения – Текст : непосредственный.
47. ГОСТ Р 59537-2021. Грунты. Метод лабораторного определения влажности за счет незамерзшей воды – Текст : непосредственный.
48. Р 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда – Текст : непосредственный.

49. РСН 74-88. Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству буровых и горнопроходческих работ – Текст : непосредственный.

50. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания – Текст : непосредственный.

51. СП 11-103-97. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства – Текст : непосредственный.

52. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов – Текст : непосредственный.

53. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов – Текст : непосредственный.

54. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть IV. Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов – Текст : непосредственный.

55. СП 115.13330.2016. Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95 – Текст : непосредственный.

56. СП 131.13330.2020. Строительная климатология СНиП 23-01-99\* – Текст : непосредственный.

57. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81\* (с Изменением N 2) – Текст : непосредственный.

58. СП 2.2.3670-20. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда – Текст : непосредственный.

59. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* (с Изменениями N 1, 2, 3, 4) – Текст : непосредственный.
60. СП 24.13330.2021. СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты – Текст : непосредственный.
61. СП 25.13330.2020. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах СНиП 2.02.04-88 – Текст : непосредственный.
62. СП 28.13330.2017. "Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85" (с Изменениями N 1, 2, 3) – Текст : непосредственный.
63. СП 317.1325800.2017. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Общие правила производства работ – Текст : непосредственный.
64. СП 34.13330.2021 "СНиП 2.05.02-85\*. Автомобильные дороги" – Текст : непосредственный.
65. СП 446.1325800.2019. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ – Текст : непосредственный.
66. СП 47.13330.2016 .Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 (с Изменением N 1) – Текст : непосредственный.
67. СП 493.1325800.2020. Инженерные изыскания для строительства в районах распространения многолетнемерзлых грунтов. Общие требования – Текст : непосредственный.
68. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* (с Изменениями N 1, 2) – Текст : непосредственный.

#### *Фондовые материалы*

69. "Нефтегазопроводы от кустов скважин 160, 181, 182, 183, 184". Ленское нефтегазоконденсатное месторождение. Часть 2. Отчет по инженерно-



геологическим изысканиям. Том 1.2.1. — : ПАО "СНГ" СургутНИПИнефть,  
2021. — 94 с. — Текст : непосредственный.