

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 района Медного завода г. Норильска и проект инженерно-геологических изысканий для строительства блока градирен</b>

УДК 624.131.3:69:669.33.045.53

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
217В	Казакова Ксения Игоревна	<i>Казакова</i>	30.05.2022

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Строкова Л.А.	д.г.-м.н.	<i>Строкова</i>	30.05.2022

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Буровые работы»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОНД	Бер А.А.		<i>Бер</i>	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.	<i>Рыжакина</i>	23.05.2022

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД	Гуляев М.В.		<i>Гуляев</i>	20.05.2022

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

## Планируемые результаты освоения по 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


 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	ФИО
217В	Казаковой Ксении Игоревне

Тема работы:

**Инженерно-геологические условия района Медного завода г. Норильска и проект инженерно-геологических изысканий для строительства блока градирен**

Утверждена приказом директора (дата, номер)	17.01.2022 №17-19/с
---	---------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2022
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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

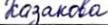
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<p>В общей части привести характеристику физико-географических, климатических, геологических, геокриологических, гидрогеологических условий района работ.</p> <p>В специальной части охарактеризовать инженерно-геологические условия 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 дочетвертичных образований участка района работ.</li> <li>2. Карта инженерно-геологических условий участка работ, инженерно-геологический разрез.</li> <li>3. Расчетная схема основания сооружения, таблицы нормативных и расчетных показателей свойств грунтов.</li> <li>4. Теплотехнический прогноз поведения грунтов при эксплуатации блока градирен.</li> <li>5. Геолого-технический наряд на бурение инженерно-геологической скважины глубиной 9 м.</li> </ol>
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
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>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Строкова Л.А.	д.г.-м.н., профессор		07.03.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата	Группа
217В	Казакова К.И.		07.03.2022	217В

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
217В	Казаковой Ксении Игоревне

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение</b>	<b>Отделение геологии</b>
Уровень образования	Специалитет	Специальность	Прикладная геология 21.05.02

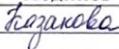
<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>
Стоимость полевых, лабораторных и камеральных работ
Нормы и нормативы расходования ресурсов
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>
Планирование видов и объемов работ по проекту
Расчет затрат времени
Общий расчет стоимости инженерно-геологических изысканий по объекту

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

Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		07.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
217В	Казакова К.И.		07.03.2022

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
217В	Казаковой Ксении Игоревне

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение</b>	<b>Отделение геологии</b>
Уровень образования	Специалитет	Специальность	Прикладная геология 21.05.02

Тема ВКР:

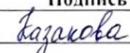
<b>Инженерно-геологические условия района Медного завода г. Норильска и проект инженерно-геологических изысканий для строительства блока градирен</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<b>Введение</b>	Объект исследования: Инженерно-геологические условия района Медного завода г. Норильска и проект инженерно-геологических изысканий для строительства блока градирен. Область применения: обоснование видов, методов и объемов инженерно-геологических работ для разработки проекта. Работы проводятся: -в полевых условиях; -в лабораторных условиях; -в офисе (камеральная обработка).
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</b>	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. Конституция РФ «Трудовой кодекс РФ» №197-ФЗ ГОСТ 12.2.032-78 ГОСТ 12.2.033-78 ПНД Ф 12.13.1-03 ФЗ от 22.07.2008 N 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
<b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</b>	Анализ потенциально возможных опасных и вредных факторов в производственной среде. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов:
2.1 Анализ потенциально опасных производственных факторов	- Факторы, связанные с электрическим током;
2.2 Анализ потенциально вредных производственных факторов	- Жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы, воздействующие на работающего; - Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования; - Отклонения параметров микроклимата; - Недостаточная освещенность рабочей зоны; - Повышенный уровень шума; - Нервно-психические нагрузки, связанные с напряженностью трудового процесса; - Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса; - Повышенный уровень электромагнитных полей;

	- Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека.
<b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:</b>	- анализ воздействия объекта на атмосферу (выхлопные газы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сточные воды, утечка горюче-смазочных материалов); - анализ воздействия объекта на литосферу (нарушение естественного залегания грунтов и их физико-механических свойств, отходы, утилизация макулатуры); - решение по обеспечению экологической безопасности.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения:</b>	возможные ЧС: пожары и взрывы в зданиях и транспорте; наиболее типичная ЧС – возникновение пожара на рабочем месте вследствие неисправности электроприборов или нарушения требований по их безопасному использованию
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович			07.03.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
217В	Казакова Ксения Игоревна		07.03.2022

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа объемом 109 с., проиллюстрирована 20 рис., 20 табл. Список литературы составляет 67 источников, графических приложений – 5 листов.

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

Объектом исследований является геологическая среда проектируемого блока градирен, расположенного на территории Медного завода, г. Норильска.

Целью проектирования является комплексное изучение инженерно-геологических, 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 «Медный завод. Комплекс непрерывного конвертирования», опубликованные и нормативные материалы, электронные ресурсы.

Для выполнения инженерно-геологических изысканий для строительства блока градирен 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.....	11
1 Общая часть. Природные условия района строительства .....	13
1.1 Физико-географическая и климатическая характеристика .....	13
1.2 Изученность инженерно-геологических условий.....	16
1.3 Геологическое строение района .....	19
1.4 Геокриологические условия.....	28
1.5 Гидрогеологические условия.....	30
1.6 Геологические процессы и явления .....	35
1.7 Общая инженерно-геологическая характеристика района.....	37
2 Специальная часть. Инженерно-геологическая характеристика участка проектируемых работ.....	39
2.1 Рельеф участка.....	39
2.2 Состав и условия залегания грунтов и закономерности их изменчивости	39
2.3 Физико-механические свойства грунтов .....	40
2.3.1 Характеристика физико-механических свойств номенклатурных	
категорий грунтов и закономерности их пространственной изменчивости .....	40
2.3.2 Выделение и характеристика инженерно-геологических	
элементов .....	41
2.3.3 Нормативные и расчетные показатели свойств грунтов .....	47
2.4 Геокриологические условия.....	52
2.5 Гидрогеологические условия.....	52
2.6 Геологические процессы и явления на участке .....	53
2.7 Оценка категории сложности инженерно-геологических и инженерно-геокриологических условий участка.....	54
2.8 Прогноз изменения инженерно-геологических условий участка в процессе изысканий, строительства и эксплуатации сооружения .....	55
2.9 Теплотехнический прогноз поведения грунтов при эксплуатации блока градирен. ....	56

3 Проектная часть. Проект инженерно-геологических изысканий на участке ..	66
3.1 Определение размеров и зон сферы взаимодействия сооружений с геологической средой и расчетной схемы основания. Задачи изысканий.....	66
3.2 Обоснование видов и объемов проектируемых работ .....	67
3.3 Методика проектируемых работ .....	71
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	77
4.1 Основные направления деятельности ООО «Сибгаутсорспроект» .....	77
4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности разработки проекта	78
4.3 Виды и объемы проектируемых работ .....	79
4.4 Календарный план проведения работ .....	80
4.5 Расчет сметной стоимости проектируемых работ .....	82
5 Социальная ответственность .....	85
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	86
5.2 Производственная безопасность .....	87
5.2.1. Анализ потенциально опасных производственных факторов ...	88
5.2.2. Анализ потенциально вредных производственных факторов ...	90
5.3 Экологическая безопасность.....	94
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	95
Заключение .....	98
Список использованной литературы.....	99
Приложение А. Фрагмент геологической карты дочетвертичных образований участка района работ .....	105
Приложение Б. Карта ИГУ участка работ .....	106
Приложение В. Расчетная схема основания сооружения, таблица нормативных и расчетных показателей свойств грунтов .....	107
Приложение Г. Теплотехнический прогноз поведения грунтов при эксплуатации блока градирен .....	108
Приложение Д. Геолого-технический наряд.....	109

## Введение

Целью данной работы является комплексное изучение инженерно-геологических условий участка и разработка проекта под строительство блока градирен на стадии рабочей документации, а также нахождение оптимальных приемов и методов исследований, обеспечивающих получение достоверных данных необходимых для проектирования.

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

Местоположение района работ: Медный завод, г. Норильск, Норильский промышленный район, Красноярский край.

Техническая характеристика проектируемого сооружения приведена в таблице В.1.

Таблица В.1 – Техническая характеристика сооружения

Наименование сооружения	Уровень ответственности	Габариты: длина, ширина, высота, м	Этажность	Предполагаемая нагрузка на фундамент		Предполагаемая глубина заложения фундамента, м	Возможный вариант фундамента	Наличие подвалов, приямок, их глубина и назначение	Наличие динамических нагрузок
				На опору, кН	кН/м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Блок градирен	Нормальный	28×14×11,2	1	3000,0	100,0	минус 8	Плитный на свайном основании	Прямки размерами 1х1х1 м для дренажных насосов	нет

Сведения и данные о проектируемом сооружении:

Блок градирен (две градирни, расположенные на одной плите) – сооружение имеет габариты: 28х14х11,2м, площадь застройки – 392 м<sup>2</sup>.

Фундамент – плитный на свайном основании, глубина заложения 8,0 м. Глубина бассейна – 2 м, толщина плиты – 2 м, длина свай – 4м. Наличие подвалов, приемков, их глубина и назначение – приемки размерами 1×1×1 м со спускной трубой. Уровень ответственности – II (нормальный).

Градирни – это сооружения для охлаждения воды в оборотных системах водоснабжения. Применение охлажденной воды в промышленности связано с охлаждением оборудования в целях предохранения его от быстрого разрушения под влиянием высоких температур. По способу передачи тепла атмосферному воздуху градирни являются испарительными, т.е. за счет испарения происходит передача тепла от воды воздуху [3].

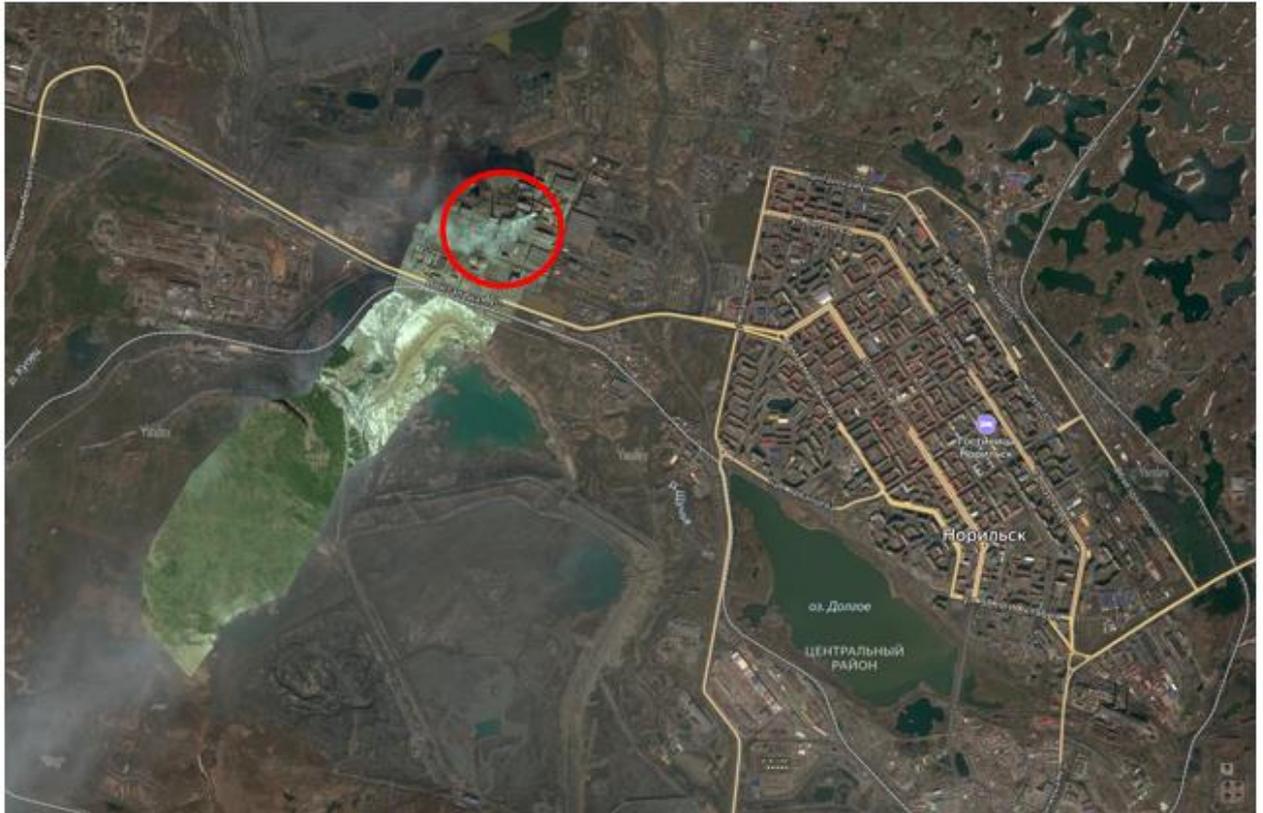
## 1 Общая часть. Природные условия района строительства

### 1.1 Физико-географическая и климатическая характеристика

Район работ – расположен на территории Медного завода в Норильском промышленном районе, в северной части Красноярского края (рисунок 1.1, 1.2).



Рисунок 1.1 – Фрагмент схемы административного деления масштаба 1:5 000 000 (ФГУП «ВСЕГЕИ»)



– Район работ

Рисунок 1.2 – Спутниковое изображение г. Норильск с указанием района работ (yandex.ru/maps)

По физико-географическому положению территория изысканий расположена в пределах западинно-бугристой Хантайско-Рыбинской ложбины, входящей в состав Среднесибирского плоскогорья. Общий рельеф равнинный, местами нарушается небольшими возвышенностями, скальными грядами, платообразными поднятиями, покрытыми осыпями. Почти вся территория – тундра полярная, типичная, кустарничковая, на юге – узкая полоса лесотундры.

Озерно-аллювиальная западинно-бугристая Хантайско-Рыбинская ложбина, разделяющая плато Путорана и Норильское, пересекает территорию Норильского промышленного района с юго-востока на северо-запад. Ширина ложбины изменяется в пределах района от 20 до 30 км, абсолютные ее отметки – от 28 м (уровень оз. Пясино) до 70-75 м (юго-восточная и краевые части), уклон ее отмечается в северо-западном направлении в сторону оз. Пясино [4].

Территория муниципального образования «город Норильск» находится севернее Полярного круга, в зоне вечной мерзлоты, и относится к континентальной части Арктики. Близость Ледовитого океана обуславливает своеобразие климатических условий региона.

В западной части плато Путорана расположены крупные озера – Пясино, Хантайское, Кета, Мелкое, Глубокое, Лама, к югу от плато Норильское расположено Хантайское водохранилище. Озера более восьми месяцев в году покрыты льдом, замерзают во второй половине октября. Гидрографическая сеть района относится к бассейну реки Пясины. К системе р. Пясины – оз. Пясино принадлежат реки Рыбная, Норильская, Валек, Таловая, Черная, Дудыпта, Агапа, Яким и др. Горные реки имеют невыработанный ступенчатый продольный профиль, характеризуются сильным течением; равнинные реки – относительно выработанный продольный профиль, скорость течения характеризуется не более 1 м/с. С сентября по май реки покрыты льдом, более мелкие – промерзают полностью [4].

Зона работ относится к I району, попадает в подрайон 1Б климатического районирования для строительства согласно СП 131.13330.2020 [55] приложению А.

Климат описываемой территории континентальный, с продолжительной морозной зимой, очень часто сильные морозы отмечаются в сочетании с сильными ветрами. Характерной особенностью климата являются частые метели. Лето короткое, прохладное и пасмурное. Среднегодовое количество осадков достигает 600 мм, из-за низкой испаряемости такое количество приводит к переувлажнению. Мощность многолетней мерзлоты достигает до 1 км, под руслами наиболее крупных рек развиты талики.

Средняя годовая температура воздуха составляет минус 9,6°C. Самым холодным месяцем года является январь, средняя месячная температура которого составляет минус 27,5°C. Абсолютный минимум температуры воздуха достигает минус 53,1°C. За период 1936-2021гг, средняя температура воздуха наиболее холодного месяца составила минус 26,9 °C. Самый теплый месяц года

– июль, его средняя месячная температура составляет 14,3°C. Абсолютный максимум температуры воздуха достигает 30,4°C (рисунок 1.3) [10].

В августе выпадает первый снег, в сентябре устанавливается устойчивый снеговой покров. Переход температуры через 0°C осенью происходит в конце сентября, весной – в конце мая. Первые заморозки наблюдаются в первой декаде сентября и продолжаются до второй декады июня. Продолжительность безморозного периода составляет 86 дней. В зимние месяцы преобладают ветры восточного направления (до 40 м/с), в летние – северного и северо-западного направления [4].

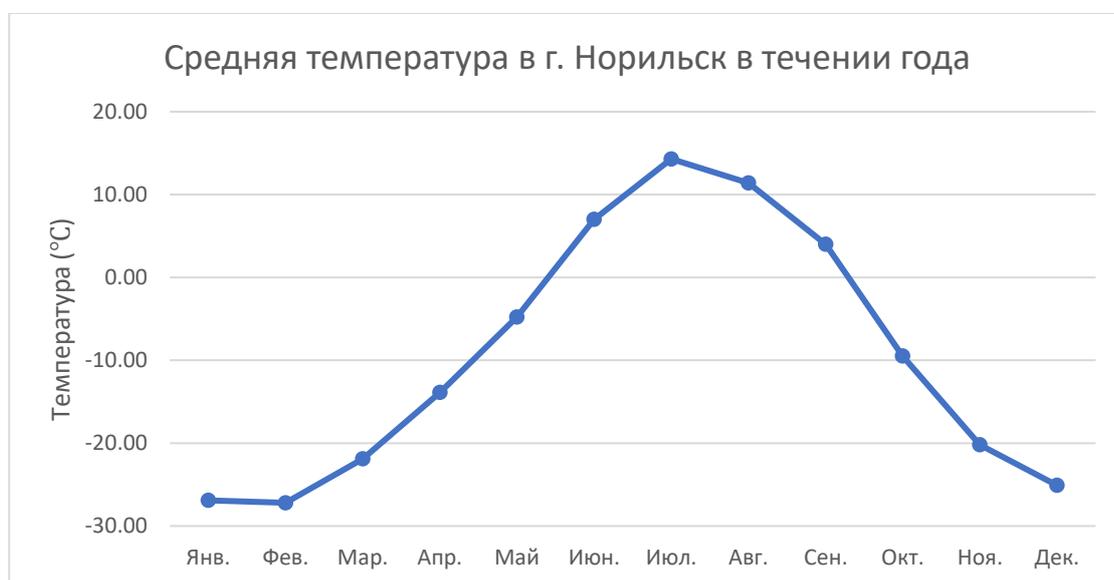


Рисунок 1.3 – График температуры воздуха в г. Норильск

## 1.2 Изученность инженерно-геологических условий

Изученность района изысканий довольно обширная. В 40-х годах, в связи с вводом в эксплуатацию Норильского месторождения медно- никелевых руд, начинается планомерное изучение территории, непосредственно прилегающий к г. Норильск.

С 1937 по 1955 гг. в Норильском районе проводится геологическая съемка масштаба 1:1 000 000 сотрудниками Научно-исследовательского института геологии Арктики (НИИГА) и геологоразведочных экспедиций ЗСГУ, ВАГТа, НКГРЭ, ГУСМП. К 1956 г. весь район был покрыт

геологической съемкой масштаба 1:1 000 000. Позднее, в 1958 г., Н.Н. Урванцевым С.Л. Троицким и В.С. Ломаченковым были составлены геологические карты листа R-44, 45 данного масштаба.

С 1957 по 1965 год территория района была закартирована геологами НИИГА в масштабе 1:200 000. В результате этих работ в 1969 году была составлена сводная геологическая карта масштаба 1:200 000 Норильского района и прилегающих территорий. (В.А. Доценко и др.) Следует отметить, что еще до выхода этой карты из печати Н.Ф. Щедриным, Л.Л. Ваулиным, В.Ф. Кравцовым была составлена геологическая карта масштаба 1:200 000, включающая в себя территорию Норильского промышленного района.

В период с 1965 по 1971 год вся территория района была покрыта геологической съемкой масштаба 1: 50 000.

В 1974 - 1975 гг. геологическая карта Норильского района масштаба 1:200 000 была пополнена новыми данными, полученными в результате работ норильских геологов и геофизиков за период с 1970 по 1975 года.

В 1975 г. издана Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:1 000 000 листа R-(45)-47 (Норильск) под ред. Н. Н. Урванцева и Ф.Г. Маркова

В 1991 г. по результатам геологических съемок и поисковых работ была издана «Геологическая карта Норильского рудного района масштаба 1:200 000» под редакцией М. Л. Шермана.

В 1993 году разработана и утверждена опорная легенда геологической карты масштаба 1:50 000 Норильской серии (Люлько В.А. и др.).

Гидрогеологические исследования в Норильском промышленном районе проводились в значительном объеме как непосредственно на месторождениях подземных вод, так и на других объектах Норильского комбината в связи с решением гидрогеологических задач различного уровня (захоронение промстоков, прогноз и ликвидация водопритоков в горные выработки, изучение загрязнения подземных вод и т.д.).

На ранних стадиях изучения гидрогеологических условий эти работы выполнялись преимущественно в связи с поисками и разведкой месторождений полезных ископаемых.

С 1993 г. по 1998 года на территории района велась комплексная гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемка масштаба 1:200 000 (ГИЧ-200). В ходе работ составлены и утверждены рабочие легенды к комплекту карт ГИЧ-200, а также предварительные карты масштаба 1:200 000 (А.О. Яковлев, А.Н. Ковпий и др.).

С 1995 г. по настоящее время работы по изучению режима подземных вод, экзогенных геологических процессов, техногенного загрязнения подземных вод и т.д. проводятся в рамках проекта ведения Государственного мониторинга геологической среды (ГМГС) Норильской комплексной геологоразведочной экспедицией (НКГРЭ). Указанные работы являются продолжением большинства ранее выполнявшихся гидрогеологических исследований локального и территориального уровня.

В 2000 г. сотрудниками ВСЕГЕИ завершено составление комплекта карт Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (новая серия) на лист R-(45)-47 под редакцией Е. К. Ковригиной [4, 66].

На территории Медного завода проводились инженерно-геологические изыскания в 2021 г. ООО «Сибгаутсорспроект», эти данные положены в основу написания данного проекта (рисунок 1.4).

Рисунок 1.4 – Бурение скважины 129-21 на территории Медного завода

### **1.3 Геологическое строение района**

#### **Стратиграфия**

Стратифицированные образования Норильской структурно-формационной зоны представлены терригенными и терригенно-карбонатными отложениями кембрия и ордовика, сульфатно-терригенно-карбонатными, соленосными образованиями силура и девона, угленосными терригенными отложениями среднего карбона и перми, позднепермскими и раннетриасовыми вулканогенными образованиями, а также рыхлыми терригенными образованиями четвертичного возраста. Четвертичные образования сплошным чехлом покрывают Хантайско-Рыбнинскую долину. Сводный разрез представляет собой чередование морских отложений с образованиями ледникового комплекса – мореной, лимногляциалом и флювио-гляциалом. Фрагмент геологической карты дочетвертичных образований участка района работ приведен в приложении А.

*Палеозой*

*Кембрийская система*

Чопкинская, туколандинская и уйгурская свиты ( $C_3\check{c}p\div ug$ ) представлены известняками глинистыми, мергелями, известковыми доломитами, линзами конгломератов. Отложения расположены в бассейне р. Рыбная и по восточному склону Норильского плато. Суммарная мощность объединенных свит оценивается от 500 до 1600 м.

#### *Ордовикская система*

Ильтыкская и гурагирская свиты ( $O_{1-2}il+gr$ ) представлены известняками органогенными, глинистыми доломитами, пестроцветными мергелями, алевролитами, аргиллитами, известковистыми песчаниками, единичными прослоями ангидритов, гипсов. Отложения расположены в бассейнах р. Рыбная и Норильская. Суммарная мощность ильтыкской и гурагирской свит оценивается от 600 до 1000 м.

Ангирская, амарканская и загорнинская свиты ( $O_{2-3}an\div zg$ ) представлены органогенными известняками, глинистыми, прослоями мергелей, алевролитами, аргиллитами, кварцевыми песчаниками, доломитами, гипсами, ангидритами и галькой фосфоритов. Фрагментарно обнажены в бассейне р. Норильская. Суммарная мощность свит оценивается от 90 до 240 м.

#### *Силурийская система*

Чамбинская, таликитская, омнутахская и хюктинская свиты ( $S_1\check{c}m\div hk$ ) представлены аргиллитами, органогенными известняками с желваками кремней, мергелями, граптолитовыми аргиллитами, конкрециями пирита. Отложения расположены вблизи устья р. Норильская. Суммарная мощность свит составляет от 190 до 650 м.

#### *Верхняя подсистема силура – нижний отдел девонской системы*

Макуская, постничная, ямпахтинская и хребтовская свиты ( $S_2-D_1mk\div hr$ ) представлены известняками, доломитами, доломитовыми мергелями, ангидритами, прослоями карбонатных брекчий, аргиллитов, гипсов. Свиты распространены в окрестностях г. Норильск. Суммарная мощность свит – 110-500 м.

#### *Девонская система*

Зубовская, курейская и разведочнинская свиты ( $D_{1zb+rz}$ ) представлены аргиллитами, мергелями, доломитами, алевролитами, карбонатными брекчиями, прослоями известняков и песчаников, фосфоритами, ангидритами, гипсами, каменными солями, железомарганцевыми конкрециями. Свиты распространены в окрестностях г. Норильск. Суммарная мощность свит составляет от 120 до 520 м.

Мантуровская и юктинская свиты ( $D_{1-2mt+juk}$ ) представлены мергелями, доломитовыми, аргиллитами, алевролитами, песчаниками, доломитами, пластами каменных солей, прослоями известняков, гипсов, ангидритов, желваками фосфоритов, органогенными и глинистыми известняками. Суммарная мощность свит составляет от 110 до 810 м.

Накохозкая и каларгонская свиты ( $D_{3nk+kl}$ ) представлены аргиллитами, пестроцветными доломитовыми мергелями, доломитами, прослоями гипсов, ангидритов, каменных солей. Суммарная мощность свит – от 110 до 740 м.

#### *Каменноугольная система*

Адылканская свита ( $C_{2-3ad}$ ) представлены алевролитами, аргиллитами, песчаниками, базальными конгломератами, прослоями гравелитов, единичными пластами каменных углей. Мощность свиты составляет до 135 метров.

#### *Пермская система*

Быстринская свита ( $P_{1bs}$ ) представлена алевролитами, песчаниками, аргиллитами, конгломератами с рассеянной галькой кварца, кварцитов, халцедона, прослоями известняков, пластами каменных углей. Мощность отложений свиты составляет от 170 до 325 м.

Кайерканская и амбарнинская свиты ( $P_{2-3kr+am}$ ) представлены песчаниками, алевролитами, аргиллитами, конгломератами, туфопесчанниками, туфоаргиллитами, пластами каменных углей. Суммарная мощность свит составляет 180 м.

Ивакинская свита ( $P_{3iv}$ ) представлена субщелочными базальтами, трахибазальтами, туфами, туффитами, каменными углями, песчаниками и

алевролитами. Мощность ивакинской свиты в разрезах не превышает 160-170 м и часто составляет 10-30 м.

### *Мезозой*

#### *Триасовая система*

Верхнегудчихинская подсвита и хаканчанская свита ( $T_{1gd_2+hk}$ ) представлены базальтами пойкилофитовыми, толеитовыми, оливинофировыми и гломеропорфировыми и субщелочными, пикробазальтами и туфами. Суммарная мощность объединенного подразделения достигает 460 м.

Сыверминская, гудчихинская и хаканчанская свиты ( $T_{1sv+hk}$ ). Состав объединенных свит весьма непостоянен в силу изменчивости набора пород и мощностей разрезов. В целом, это базальты пойкилофитовые, толеитовые и порфировые, гломеропорфировые, пикробазальты оливинофировые, гломеропорфировые, туфы, туффиты, туфопесчаники и туфоалевролиты. Суммарная мощность свит колеблется от 100 до 500 м.

Туклонская и надеждинская свиты ( $T_{1tk+nd}$ ) представлены базальтами пойкилофитовыми, оливинофировыми, порфировыми, полифировыми, гломеропорфировыми, туфами, туффитами, туфопесчаниками, туфоалевролитами. Суммарная мощность свит колеблется от 280 до 600 м.

Моронговская свита ( $T_{1mr}$ ) представлена базальтами афировыми пойкилофитовыми, гломеропорфировыми, туффитами, туфопесчаниками, туфоалевролитами, линзами известняков, растительными остатками. Мощность моронговской свиты изменяется от 250 до 590 м.

Мокулаевская свита ( $T_{1mk}$ ) представлена базальтами гломеропорфировыми, афировыми, пойкилофитовыми, редкими горизонтами туфов и туффитов, растительными остатками. Мощность свиты характеризуется от 400 до 675 м.

На рисунке 1.5 представлена схема использованных материалов для составления карты четвертичных образований.

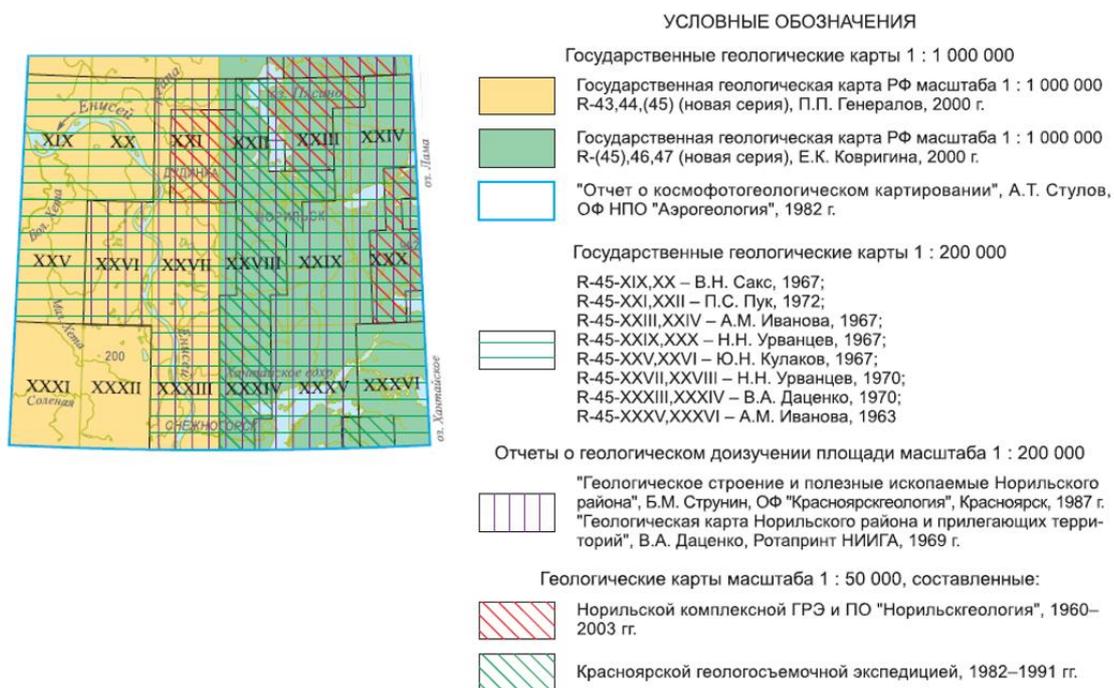


Рисунок 1.5 – Фрагмент схемы использованных материалов к карте дочетвертичных образований масштаба 1:5 000 000 (ФГУП «ВСЕГЕИ»)

### *Кайнозой*

#### *Четвертичная система*

#### *Плейстоцен*

#### Неоплейстоцен

Вальковский гляциолимний (lgIIIv1) представлен глинами ленточного типа, содержащие мелкие фигурные конкреции, выполняющие долину р. Норильская. Характеризуются мощностью до 50 метров.

Большешаровский флювиогляциал (fIIIbsh) представлен чередованием гравийно-галечных косослоистых пачек с параллельно-слоистыми песчано-алевритистыми пачками. Образования расположены на западном склоне Норильского плато. Характеризуются мощностью до 13 метров.

Аллювий второй надпойменной террасы (a<sup>2</sup>III<sub>3</sub>) представлен песками и алевритами с псевдоморфозами по повторно-жильным льдам. Отложения расположены в районе оз. Пясино и характеризуются мощностью до 15 метров.

#### *Голоцен*

Лимноаллювий дельтовой фации (Ia<sub>d</sub>H). Сложен песками, алевритами, глинами со значительным количеством растительного детрита и прослоями

торфа общей мощностью не более 5 м. Отложения развиты в устье р. Норильская. Формируются в половодья и паводки.

Техногенные намывные образования ( $t_nH$ ) представлены намывными грунтами, чередующимися с горизонтами льда, мощностью до 60 метров.

*Верхний неоплейстоцен – голоцен нерасчлененные*

Аяклинский лимний (III-Hак) представлены параллельнослоистыми глинистыми алевритами с большим количеством плохо разложившихся растительных остатков в виде сучков, веточек, стеблей мхов и трав, параллельно-слоистыми алевритовыми песками с редким рассеянным гравием. Мощность аяклинских слоев – до 15 м. Отложения расположены в долине р. Норильская.

Лимний (III-H) представлен алевритами, глинами и илами мощностью до 5 метров. Отложения приурочены к полям развития гляциокарстовых и термокарстовых озер.

Коллювиальные и солифлюкционные образования (с, sIII-H). Глыбовники, щебенники, дресвяники и алевриты. Широко распространены в горной части территории. Они выстилают склоны врезанных речных долин и в виде шлейфов залегают у их подножий. Образуются за счет осыпания пород при одновременном крипе и солифлюкционном течении грунта на склонах, осложненных многочисленными структурными террасами и, как следствие, имеющих переменную крутизну. Мощность образований – до 25 метров.

Делювиальные и солифлюкционные образования (d, sIII-H). Дресва и щебень с алевритами. Развиты на пологих склонах возвышенностей, где залегают в виде шлейфов, выклинивающихся вверх по склону. Состав целиком зависит от подстилающих пород. Наблюдается уменьшение размеров обломочного материала вниз по склону и параллельная ему слабоволнистая прерывистая слоистость. В нижних частях склонов, где преобладают мелкозернистые разности, появляются солифлюкционные террасы и делли. Мощность образований – до 10 метров.

Элювий (eIII-N). Глыбовники, отломники, щебенники, дресвяники и алевриты с отломами и щебнем. Выстилает площадки столовых останцов и структурных террас плато Путорана и Норильского плато. Его состав целиком зависит от состава подстилающих пород. Сортировка и окатанность полностью отсутствуют; основным агентом является физическое выветривание. В результате выноса мелкозема ветром, дождевыми и тальными водами на поверхности обычно залегают глыбы и щебень. Мощность образований – до 2 метров [4].

### **Магматизм**

Формирование вулканогенных толщ сопровождалось становлением многочисленных гипабиссальных интрузивных тел трапповой (базальт-долеритовой) формации ранне-среднетриасового возраста. На фрагменте геологической карты дочетвертичных образований встречены шесть комплексов. Становление раннетриасовых интрузивных тел нижнеталнахского, норильского, зубовского, круглогорского, оганерского базитовых и ультрабазит-базитовых комплексов обусловлено циклическим развитием магматического процесса с последовательным накоплением нижнетриасовых свит вулканитов. Ранне-среднетриасовые далдыканский интрузивный комплекс сформировался в заключительную фазу базитового магматизма и представлен субвулканическими телами, связанными с образованием базальтов таловской толщи.

#### *Раннетриасовые интрузивные комплексы*

Нижнеталнахский комплекс ( $v\sigma-v\delta T_{1nt}$ ) объединяет пластовые тела и хонолиты расслоенного внутреннего строения. Основной объем тел представлен перидотитами, оливиновыми габбродолеритами и троктолитами, которые в верхнем эндоконтакте интрузива постепенно сменяются лейкократовыми габбродолеритами и габбродиоритами.

Норильский комплекс дифференцированных интрузивов с сульфидными платиноидно-медно-никелевыми рудами включает три типа интрузивов:

норильско-талнахский ( $v\sigma-v\delta T_1 n^1$ ), зубовский ( $v\sigma-v\delta T_1 n^2$ ) и круглогорский ( $v-\pi\delta T_1 n^3$ ).

Норильско-талнахский тип представлен перидотитами, габбродолеритами, троктолитами, такситовыми габбродолеритами, лейкогаббро.

Зубовский тип представлен дифференцированными телами, подобными интрузивам норильско-талнахского типа по морфологии и составу, но они характеризуются постепенными переходами между горизонтами оливиновых габбро и перидотитов.

Круглогорский тип представлен пластовыми и линзовидными телами, дифференцированными от оливиновых, оливинсодержащих габбродолеритов до лейкогаббро.

Оганерский комплекс ( $v\beta T_{10}$ ) представлен пластовыми, часто многоярусными телами, штоками, дайками сложной морфологии, локализованными в отложениях среднего и верхнего палеозоя и в туфолавовых образованиях нижнего триаса.

#### *Ранне-среднетриасовые интрузивные комплексы*

Далдыканский комплекс ( $v\beta T_{1-2d}$ ) представлен телами безоливиновых, оливинсодержащих, реже оливиновых габбродолеритов пойкилоофитовой структуры со шлирами габбро-пегматитов. Представлен пластовыми телами и дайками сложного строения [4].

#### **Тектоника**

Норильско-Хараелахский прогиб простирается с юго-запада на северо-восток более чем на 250 км при ширине до 80 км. С запада он граничит с Дудинским валом и осложнен Дьянги-Боганидским разломом, на северо-западе сменяет Агапский и Самоедский валы и нарушен Северо-Хараелахским разломом, а на востоке прогиб сопряжен с Хантайско-Рыбнинским поднятием. Предположительно, Норильско-Хараелахский прогиб заложен в раннем палеозое на структурах, которые не в полной мере были унаследованы более поздними образованиями.

Норильско-Хараелахский прогиб осложнен Хараелахской, Иконской, Вологочанской и Норильской мульдами с разделяющими их поперечными поднятиями, а также серией разломов: главных, мантийного заложения (Норильско-Хараелахский, Северо-Хараелахский), имеющих северо-восточное простирание, и второстепенных, также сложного строения и значительной протяженности. В пределах Норильско-Хараелахского прогиба наиболее значимой разрывной структурой является одноименный с ним разлом, с которым связаны крупные месторождения платиноидно-медно-никелевых руд (Норильск-1, Талнахское, Октябрьское).

Норильско-Хараелахский разлом относится к главным разрывным структурам. Он пересекает Хараелахскую и Норильскую мульды; предполагается его докембрийский возраст и мантийное заложение. Простирание Норильско-Хараелахского разлома – север-северо-восточное, его протяженность более 350 км, ширина зоны нарушений – от 10 до 20 км. Норильско-Хараелахский разлом является наиболее значимой рудоконтролирующей разрывной структурой района, с ним связаны крупные месторождения платиноидно-никелево-медных руд. В непосредственной близости от него локализовано большинство известных дифференцированных интрузивов, несущих сульфидное медно-никелевое оруденение [4].

Схема тектонического районирования представлена на рисунке 1.6, красным прямоугольником выделен район изучения, для проведения изысканий.

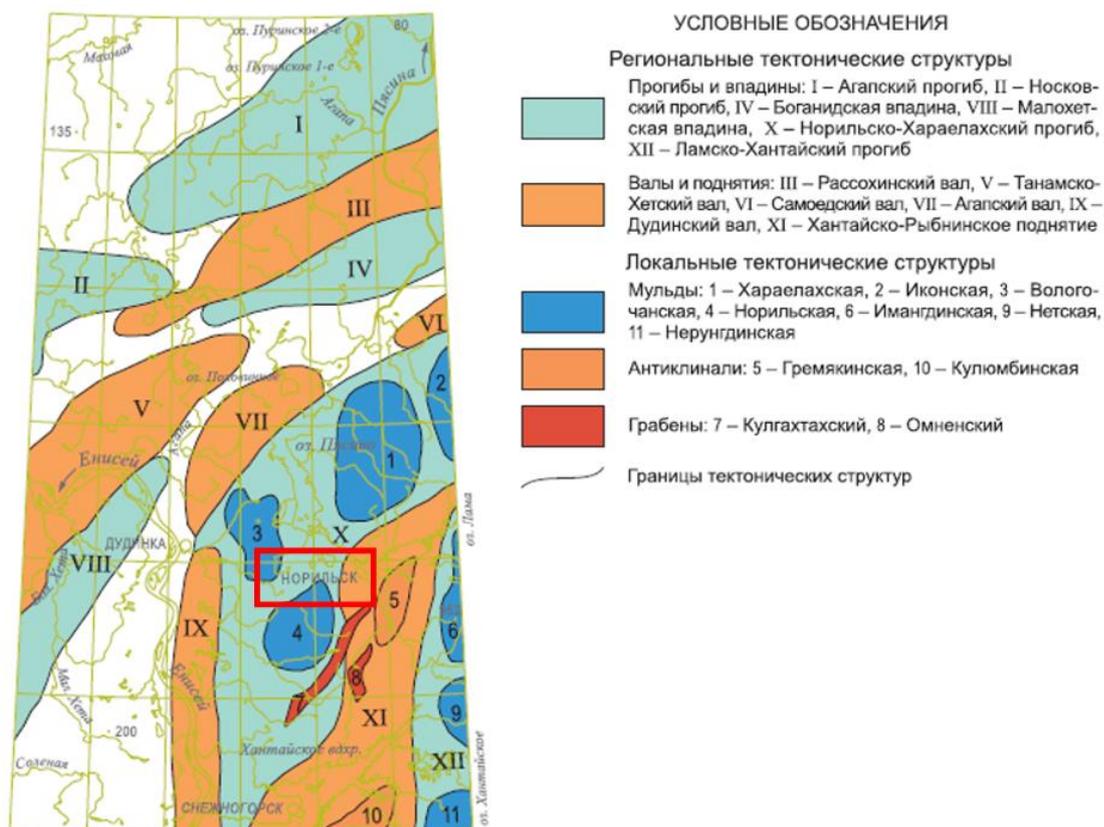


Рисунок 1.6 – Схема тектонического районирования масштаба 1:5 000 000 (ФГУП «ВСЕГЕИ»)

## 1.4 Геокриологические условия

Согласно принятой схеме геокриологического районирования, территория Норильского промышленного района относится к Енисей-Путоранскому геокриологическому региону. В пределах района на основании особенностей геологического строения, состава и свойств многолетнемерзлых пород (ММП), а также условий теплообмена выделяются три геокриологические области: Приенисейская аккумулятивная равнина, Хантайско-Рыбнинская межгорная долина, структурно-денудационные плато Норильское и Путорана.

Мощность многолетнемерзлых пород в пределах исследуемой территории закономерно увеличивается с увеличением отметок рельефа.

В пределах Приенисейской равнины мощность ММП достигает 200 м.

В пределах Хантайско-Рыбнинской равнины мощность ММП изменяется в зависимости от абсолютных отметок рельефа, составляя в поймах рек 15-20 м, а в пределах распространения ледово-морских и озерных террас до 50 м. На предсклоновых участках территории мощность ММП увеличивается до 100 м. В пределах плато Норильского и Путорана мощность ММП подчиняется ярко выраженной высотной зональности, составляя 100-150 м в средней части склонов и 150-400 м на поверхности плато.

Строение толщи ММП во многом определяется ее мощностью. На тех участках, где мощность ММП составляет менее 50 м, они имеют массивно-островной и островной характер за счет широкого (до 40%) распространения сквозных таликов, формирующихся, в силу малой мощности ММП, даже под небольшими реками и озерами. Такие участки встречаются в осевой части Хантайско-Рыбнинской межгорной равнины. Если мощность ММП превышает 50 м, мерзлая толща имеет сплошной характер, сквозные талики приурочены лишь к наиболее крупным тектоническим нарушениям (такие талики имеют гидрогеогенное происхождение).

Температурный режим ММП в пределах Норильского промышленного района отличается существенным разнообразием, в зависимости от геоморфологических условий, мощности снежного покрова, характера растительности и литологии пород, слагающих мерзлую толщу. Среднегодовые температуры ММП в пределах Хантайско-Рыбнинской равнины составляют минус 1-3° С; в нижней части склонов плато до минус 3-5° С и на поверхности плато - минус 5-7° С, подчиняясь высотной зональности.

По среднегодовой амплитуде температур на поверхности толща ММП в равнинной части района относится к континентальному типу, в предгорной и горной его частях – к повышено-континентальному типу.

Толща ММП в пределах района является эпикриогенной, что в основном определяет особенности криогенного строения горных пород. При прочих равных условиях наблюдается закономерное уменьшение льдистости с глубиной от 0,2-0,6 до 0,03-0,2, что свидетельствует о формировании

эпикриогенной толщи ММП в условиях закрытой системы. Максимальной льдистостью характеризуется верхняя часть разреза (первые 5-10 м), что объясняется миграцией влаги к фронту промерзания.

Льдистость и формирование криогенных текстур пород определяется, в первую очередь, их литологическим составом, а в пределах одной литологической разности – генезисом. В целом, льдистость уменьшается от тонкодисперсных пород к крупнообломочным. Минимальная льдистость тонкодисперсных пород отмечается в ледово-морских отложениях (0,03-0,20). Льдистость песков и галечников, как правило, не превышает 0,03, с преобладающим массивным типом криогенных текстур.

Наименьшая льдистость характерна для коренных пород. Эти породы являются морозными, т.е. имеют отрицательную температуру при отсутствии ледяных включений. Лед в данных породах может присутствовать только по трещинам выветривания или тектоническим трещинам [4, 66].

## **1.5 Гидрогеологические условия**

Согласно схеме гидрогеологического районирования Л.А. Островского, территория Норильского промышленного района входит в Тунгусскую гидрогеологическую провинцию Восточно-Сибирского гидрогеологического региона.

В пределах района выделяются три гидрогеологических подпровинции – Путоранский, Хантайский и Норильский бассейны подземных вод.

Путоранский бассейн пластовых и покровно-поточных подмерзлотных напорных вод охватывает северо-восточную часть района и выделяется в контуре поверхности плато Путорана, сложенной покровными туфолавами триаса. Для него характерно наличие наиболее мощной (до 400 м) толщи многолетнемерзлых пород и высоконапорных подмерзлотных вод, разгрузка которых происходит через немногочисленные сквозные талики под крупными реками и по разрывным нарушениям в толще туфолав.

Хантайский бассейн пластовых и блоково-пластовых напорных вод охватывает территорию Хантайско-Рыбнинской долины, сложенной палеозойскими (кембрий – верхняя пермь) карбонатными и галогенными породами. Здесь развита толща ММП мощностью до 100 м.

Норильский бассейн блоково-пластовых и покровно-поточных вод охватывает юго-западную часть района и выделен в контуре поверхности плато Норильской депрессии, сложенной туфолавами перми-триаса. Мощность толщи ММП здесь составляет 100-300 м; воды подмерзлотных водоносных комплексов имеют криогенный напор.

В пределах района выделяются надмерзлотные воды, воды сквозных таликов и подмерзлотные воды.

Класс надмерзлотных вод включает в себя воды сезонноталого слоя (СТС) и воды надмерзлотных (несквозных) таликов. Нижним водоупором этих вод являются ММП.

Надмерзлотные воды сезонноталого слоя распространены в пределах Норильского промышленного района повсеместно, однако фильтрационные потоки функционируют лишь в летне-осенний период. Мощность водоносного горизонта определяется мощностью СТС и в целом по району изменяется от 0,2 до 3,5 м. Водовмещающими породами, на большей части территории служат четвертичные отложения различного генезиса, а на участках, где четвертичный покров отсутствует – коренные породы. Коэффициент фильтрации водовмещающих пород определяется для четвертичных отложений их литологическим составом и составляет для суглинков и торфа 0,01-0,1 м/сут, для песков - 3-5 м/сут. Для крупнообломочных отложений в зависимости от количественного содержания и состава заполнителя коэффициент фильтрации изменяется в пределах от 10-15 до 30-40 м/сут и более. Для коренных пород коэффициент фильтрации изменяется в зависимости от их степени выветрелости от 1-3 до 15-20 м/сут и более. Надмерзлотные воды СТС относятся к поровому и к трещинному типам.

Водоносный горизонт функционирует в летне-осенний период, полностью перемерзая зимой, воды безнапорные и приобретают местный криогенный напор лишь в зимний период в ходе промерзания сезонноталого слоя. Фильтрационный поток этих вод направлен в сторону уклона рельефа. Питание подземные воды СТС получают за счет инфильтрации осадков, вытаявания линз и прослоев льда в водовмещающих породах.

Химический состав вод сезонноталого слоя близок к составу поверхностных вод и атмосферных осадков; это воды пресные, гидрокарбонатные или сульфатно-гидрокарбонатные, среди катионов преобладают ион кальция - от 0,008 до 0,025 г/дм<sup>3</sup>, остальные катионы (магний, кальций) содержатся в значительно меньшем количестве. Минерализация вод не превышает 0,1 г/дм<sup>3</sup>.

Воды надмерзлотных (несквозных таликов) приурочены к современным и верхнечетвертичным аллювиальным и аллювиально-озерным отложениям. Водоносные горизонты функционируют круглогодично под руслами рек и озерными котловинами. Мощность водоносных горизонтов определяется глубиной надмерзлотных таликов; в зависимости от линейных размеров, глубины водоемов и водотоков, а также литологического состава водовмещающих пород изменяется от 5-10 до 20-40 м и более. Воды надмерзлотных таликов - поровые, водовмещающими породами являются крупнообломочные валунно-галечные отложения, пески, супеси. Коэффициент фильтрации их в зависимости от литологического состава изменяется от 0,1 до 10-15 м/сут, водоносные горизонты надмерзлотных таликов имеют напорно-безнапорный характер. Являясь, как правило, безнапорными, они приобретают местный криогенный напор в зимний период при промерзании сверху краевых частей таликов и под прибрежной мелководной частью озер, либо имеют напор на участках таликов, перекрываемых сверху донными отложениями глин или илов.

Подземные воды получают питание преимущественно за счет поверхностных вод, а в летне-осенний период также за счет инфильтрации

атмосферных осадков и вод сезонноталого слоя, с которыми осуществляется гидравлическая связь. В замкнутых подозерных таликах подземные воды характеризуются застойным режимом. В подрусловых таликах фильтрационные потоки направлены по уклону русла, разгрузка вод осуществляется в сквозные талики при впадении рек и ручьев в более крупные водоемы и водотоки.

Химический состав вод надмерзлотных таликов во многом определяется составом поверхностных вод и вод сезонноталого слоя. Эти воды относятся к гидрокарбонатному кальциевому, магниевому или натриевому типам. Воды пресные, их минерализация составляет 0,1-1 г/дм<sup>3</sup>.

Воды сквозных таликов приурочены к долинам крупных водотоков и котловинам наиболее крупных озер, а также к зонам отдельных тектонических нарушений. Водоносные горизонты, как правило, имеют двухслойное строение. Верхняя их часть приурочена к четвертичным аллювиальным или аллювиально-озерным отложениям, представленным гравийно-галечной толщей, песками с линзами и прослоями суглинков и глин. Подземные воды нижних частей сквозных таликов приурочены к трещиноватым коренным породам. Коэффициент фильтрации водовмещающих пород верхней части сквозных таликов достигает 50-200 м/сут, нижней части – 5-10 м/сут в зависимости от степени выветрелости водовмещающих пород. Воды сквозных таликов относятся, таким образом, к поровому типу в верхней и трещинному типу в нижней части разреза. Водовмещающие породы сквозных таликов наиболее водообильные, что объясняется хорошими фильтрационными свойствами водовмещающих пород и благоприятными условиями питания. Питание вод сквозных таликов осуществляется за счет поверхностных вод, вод сезонноталого слоя и надмерзлотных таликов, а также за счет разгрузки подмерзлотных вод в зонах тектонических нарушений и зонах трещиноватости в кровле коренных пород. В краевых частях сквозных таликов, где в зимний период происходит сезонное промерзание пород, а также при наличии линз и прослоев глин или суглинков в толще и кровле хорошо фильтрующих

отложений, подземные воды сквозных таликов приобретают местный напор величиной от первых метров до 50-70 м. Наибольшая водообильность сквозных таликов приурочена к верхней их части, где водовмещающими породами служат четвертичные валунно-галечные отложения.

Химический состав подземных вод сквозных таликов определяется условиями их питания – составом поверхностных и подмерзлотных вод. Это воды гидрокарбонатно-сульфатные, смешанного катионного состава (преобладают ионы кальция и магния), пресные с минерализацией менее 1 г/дм<sup>3</sup>.

Подмерзлотные воды распространены на территории Норильского промышленного района повсеместно; по составу водовмещающих пород этот класс подземных вод включает в себя поровые воды четвертичных отложений и трещинные воды коренных пород.

Трещинные подмерзлотные воды коренных пород представляют собой единый по условиям питания, фильтрации и разгрузки водоносный комплекс, поскольку взаимопересекающиеся трещины и разломы связывают эти воды в общую гидравлическую систему. Характерной особенностью водовмещающих коренных пород является резкая неравномерность распределения по площади и в разрезе их водопроницаемости и водообильности. Фильтрационные свойства коренных пород определяются, степенью их трещиноватости, выветрелости, кавернозности, литологией водовмещающих пород, определяющей характер трещиноватости и степень заполнения трещин и пустот вторичным материалом, а также мощностью ММП (на большей части территории Норильского промышленного района наиболее водопроницаемая сильновыветрелая зона коренных пород заморожена в силу незначительной мощности перекрывающих ее четвертичных отложений).

Подмерзлотные воды коренных пород напорные; глубина их залегания и величина напора определяются мощностью толщи ММП, являющейся верхним водоупором.

Питание подмерзлотных вод коренных пород осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, поверхностных вод и вод вышележащих водоносных горизонтов. Области питания в горной части района, приурочены к участкам развития сквозных таликов в глубоко врезанных эрозионных долинах рек, а также к участкам пересечения этих долин крупными тектоническими нарушениями. В равнинной части района питание подмерзлотных вод коренных пород осуществляется через сквозные талики на участках, где их пьезометрический уровень ниже уреза реки или озера.

С учетом того, что формирование химического состава подземных вод определяется литолого-минералогическим составом водовмещающих пород, трещинные подмерзлотные воды коренных пород подразделяются на воды туфолавовой толщи верхней перми - нижнего триаса, пород тунгусской серии, карбонатно-галогенных отложений девона, карбонатно-терригенных отложений силура и ордовика, воды интрузивных пород [4, 66].

## **1.6 Геологические процессы и явления**

В пределах Норильского промышленного района широко развиты экзогенные геологические процессы и сопровождающие их явления.

Горные массивы плато Норильское, Путорана и разделяющая их Хантайско-Рыбнинская межгорная долина неоднородны по геокриологическим условиям. Плато Путорана характеризуется сплошным распространением многолетней мерзлоты, Хантайско-Рыбнинская долина – прерывистым распространением.

Норильское плато характеризуется мощностью мерзлоты 300-100 до 10 м – в долинах крупных рек, на этих участках мерзлые породы чередуются с таликами. Юг Норильского плато, западные склоны плато Путорана и Хантайско-Рыбнинская долина характеризуются прерывистым распространением мерзлоты, таликовые зоны занимают более 25% площади.

На участках преобладающей денудации (горная и предгорная части района) наиболее развиты процессы криогенного выветривания, в частности, одна из его разновидностей - нивация. На склонах развивается процесс курумообразования (плато Норильское). Нередко курумы приурочены к долинам временных водотоков (плато Путорана).

В нижней части склонов, в области преобладающей аккумуляции, где в разрезе присутствуют тонкодисперсные отложения, а также на склонах речных долин и озерных котловин, где склоны имеют крутизну 3-15°, развиты процессы солифлюкции, проявляющейся в рельефе в виде валов и гряд в основании увлажненных склонов. Активность процесса зависит от крутизны склона, степени обводненности пород, а также глубины сезонного оттаивания грунтов.

Широко развиты гравитационные процессы в области денудации на среднегорных плато – обвалы, осыпи, оползни, крип. На склонах с крутизной более 30° преобладают обвалы и оползни, в зимнее время – отрыв снежных карнизов. На склонах крутизной 15-30° образуются осыпи и крип, в зимнее время – лавины.

На локальных участках стабилизации денудации в горных частях района развиты процессы морозной сортировки пород.

В равнинной части района, являющейся областью относительной стабилизации, криогенные процессы отличаются большим разнообразием, в особенности в пределах Хантайско-Рыбнинской долины. На участках распространения сильнольдистых отложений (льдистость более 0,4 д.е.) широко проявляется морозобойное растрескивание, приводящее к формированию на поверхности полигонально-блочного рельефа, а в трещинных зонах – грунтовых жил. На блоках широко распространены медальоны и сезонные бугры пучения.

Термокарст развит практически повсеместно вследствие преобладания в разрезе высокольдистых глинистых отложений. На ранних стадиях развития образуются термокарстовые воронки, а на завершающих – термокарстовые

озера. Термокарстовые процессы перестраивают рельеф местности, формируя холмисто-грядовые равнины.

Многие озера в пределах равнины имеют термокарстовое происхождение, о чем свидетельствует их изометрическая форма, плоская котловина и незначительная глубина. Для данного геоморфологического элемента процесс циклического взаимопреобразования термокарстовых озер и инъекционных бугров пучения является основным рельефообразующим фактором.

В долинах рек, где распространены подрусловые надмерзлотные или сквозные талики, в которых функционируют напорно-безнапорные водоносные горизонты (реки Ергалах, Талнах, Амбарная и др.), развивается наледеобразование. В Хантайско-Рыбинской долине к концу зимнего периода площадь отдельных наледей достигает 300 тыс. м<sup>2</sup> при мощности льда 2 м и более [4, 66].

### **1.7 Общая инженерно-геологическая характеристика района**

Район работ – расположен в Норильском промышленном районе, в северной части Красноярского края.

По физико-географическому положению территория изысканий расположена в пределах западинно-бугристой Хантайско-Рыбинской ложбины, входящей в состав Среднесибирского плоскогорья. Почти вся территория – тундра полярная, типичная, кустарничковая, на юге – узкая полоса лесотундры. Климат территории – континентальный.

Стратифицированные образования Норильской структурно-формационной зоны представлены терригенными и терригенно-карбонатными отложениями кембрия и ордовика, сульфатно-терригенно-карбонатными, соленосными образованиями силура и девона, угленосными терригенными отложениями среднего карбона и перми, позднепермскими и раннетриасовыми вулканогенными образованиями, а также рыхлыми терригенными

образованиями четвертичного возраста. Четвертичные образования сплошным чехлом покрывают Хантайско-Норильскую долину. Сводный разрез представляет собой чередование морских отложений с образованиями ледникового комплекса – мореной, лимногляциалом и флювио-гляциалом.

Территория Норильского промышленного района относится к Енисей-Путоранскому геокриологическому региону. В пределах района на основании особенностей геологического строения, состава, свойств многолетнемерзлых пород, условий теплообмена выделяются три геокриологические области: Приенисейская аккумулятивная равнина, Хантайско-Рыбнинская межгорная долина, структурно-денудационные плато Норильское и Путорана.

Территория Норильского промышленного района входит в Тунгусскую гидрогеологическую провинцию Восточно-Сибирского гидрогеологического региона. В пределах района выделяются три гидрогеологических подпровинции – Путоранский, Хатангский и Норильский бассейны подземных вод. Выделяются надмерзлотные воды, воды сквозных таликов и подмерзлотные воды.

В пределах изучаемой территории широко развиты экзогенные геологические процессы и явления:

в горных и предгорных частях района – криогенное выветривание;

на склонах различной крутизны – курумообразование, солифлюкция, обвалы, осыпи, оползни, крип, лавины;

на участках распространения сильнольдистых отложений – морозобойное растрескивание;

повсеместное развитие термокарста;

в долинах рек, где распространены подрусовые надмерзлотные или сквозные талики, развиты наледообразования [4, 66].

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

### **2.1 Рельеф участка**

Участок района работ расположен в промышленной зоне, на территории Медного металлургического завода. Рельеф нарушен, спланирован. Выполнена инженерная подготовка территории посредством подсыпки или срезки грунта. Абсолютные отметки рельефа изменяются от 64,53 до 69,25 м.

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

В инженерно-геологическом строении территории изысканий на исследуемую глубину до 11,0 м принимают участие три стратиграфо-генетических комплекса снизу вверх: комплекс мезозойских отложений, представленный в районе работ габбро-долеритами триасового возраста –  $T_1$ , верхнечетвертичные гляциолимнические отложения вальковской толщи муруктинского горизонта –  $IgIIIv1$ , голоценовые техногенные отложения –  $t_nH$ . Образования четвертичного возраста распространены на всей территории района работ.

Верхнечетвертичные озерно-ледниковые отложения находятся в талом и мерзлом состоянии. Они залегают в средней части разреза и представлены суглинками гравелистыми от твердой до тугопластичной консистенции, супесями гравелистыми от твердой до пластичной консистенции, песками мелкими и гравелистыми и гравийными грунтами.

Голоценовые техногенные отложения представлены насыпными грунтами и распространены на глубину до 1,6-3,0 м.

Карта инженерно-геологических условий и инженерно-геологический разрез представлены в приложении Б.

## 2.3 Физико-механические свойства грунтов

### 2.3.1 Характеристика физико-механических свойств номенклатурных категорий грунтов и закономерности их пространственной изменчивости

На инженерно-геологическом разрезе I-I на изученную глубину до 11,0 м выделяется три стратиграфо-генетических комплекса.

Ниже дневной поверхности площадки залегают техногенные отложения, которые представлены насыпными грунтами ИГЭ-1 и ИГЭ-1м и залегают до глубины 1,6-3,0 м.

Подстилают насыпные грунты озерно-ледниковые отложения вальковской толщи, которые представлены следующими инженерно-геологическими элементами: ИГЭ-25 супесь гравелистая с интервалом залегания 2,0-3,5 м, мощностью 1,5 м; ИГЭ-13 песок гравелистый с интервалом залегания 3,0-5,8 м, мощностью 0,4-2,3 м; ИГЭ-11 супесь гравелистая с интервалом залегания 2,7-4,0 м, 6,6-7,0 м, мощностью 0,4-1,3 м; ИГЭ-19 гравийный грунт с песчаным и супесчаным заполнителем с интервалом залегания 3,8-7,0 м и мощностью 0,8-1,8 м; ИГЭ-5 суглинок гравелистый тугопластичкой консистенции с интервалом залегания 5,8-7,7 м, мощностью 1,9 м; ИГЭ-6 суглинок гравелистый твердый и полутвердый с интервалом залегания 7,7-8,8 м, мощностью 1,1 м; ИГЭ-16 суглинок пластичномерзлый с интервалом залегания 1,6-2,9 м, мощностью 1,3 м; ИГЭ-24 гравийный грунт с суглинистым заполнителем, пластичномерзлый с интервалом залегания 2,9-3,8 м и мощностью 0,9 м; ИГЭ-17 песок мелкий пластичномерзлый с интервалом 5,0-6,6 м, мощность. 1,6 м.

Скальный грунт представлен габбро-долеритами ИГЭ-15, залегают в основании разреза с глубины 6,0-11,0 м. Вскрытая мощность коренных пород до 2,0-2,2 м

### **2.3.2 Выделение и характеристика инженерно-геологических элементов**

Согласно ГОСТ 20522-2012 [28] п.5 проведем оценку правильности выделения инженерно-геологических элементов по данным прошлых изысканий, которые положены в основу написания данного проекта, построив графики пространственной изменчивости характеристик грунтов и при необходимости рассчитав для них коэффициенты вариации.

Для оценки пространственной изменчивости характеристик грунтов, воспользуемся следующими показателями:

для скальных грунтов – естественная влажность, предел прочности при одноосном сжатии;

для крупнообломочных грунтов – гранулометрический состав, природная влажность;

для песчаных грунтов – гранулометрический состав, коэффициент пористости;

для глинистых грунтов – влажность на границе текучести, влажность на границе раскатывания, число пластичности, природная влажность.

#### **Грунты в талом состоянии:**

ИГЭ-1 Насыпной грунт: щебенистый грунт с прослоями и линзами дресвяного, суглинка полутвердого, с супесчаным твердым, суглинистым полутвердым и песчаным влажным заполнителем до 30%. Грунт малой и средней степени водонасыщения, слабозасоленный ( $t_nH$ ). Графики пространственной изменчивости представлены на рисунке 2.1.

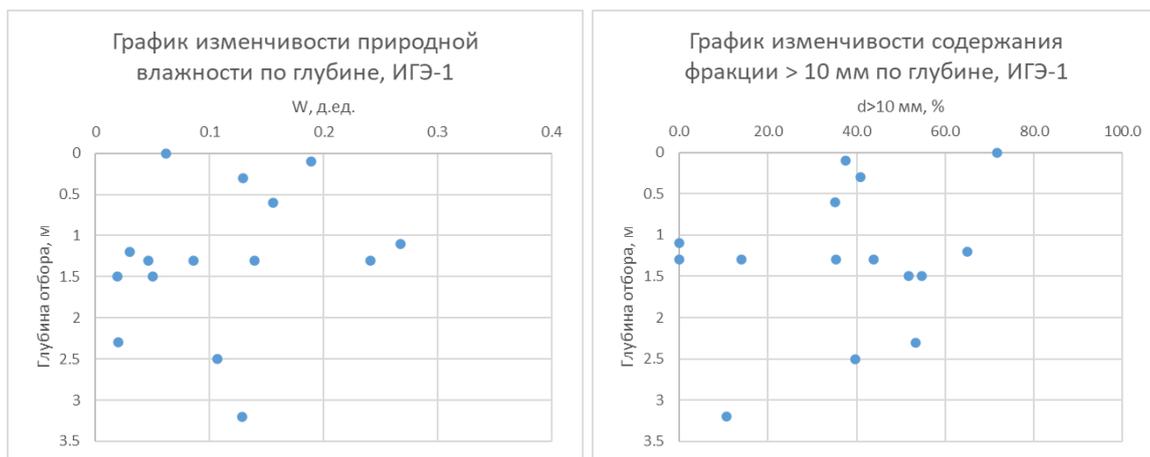


Рисунок 2.1 – Графики пространственной изменчивости характеристик грунтов по глубине для ИГЭ-1

ИГЭ-5 Суглинок легкий гравелистый, тугопластичной консистенции, с содержанием крупнообломочного материала до 40% (I<sub>gIIIvl</sub>). Графики пространственной изменчивости представлены на рисунке 2.2.

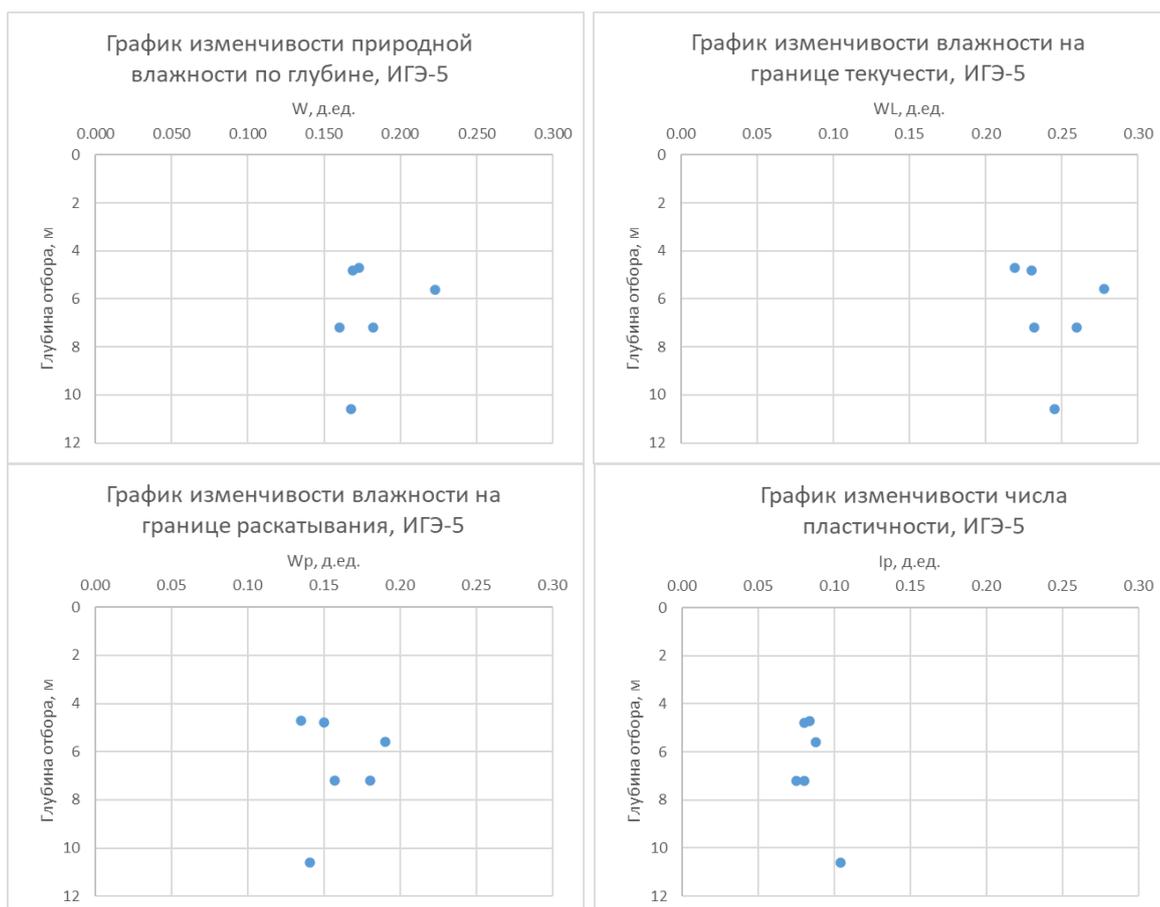


Рисунок 2.2 – Графики пространственной изменчивости характеристик грунтов по глубине для ИГЭ-5

ИГЭ-6 Суглинок легкий гравелистый, твердый и полутвердый, с содержанием крупнообломочного материала до 33%, с прослоями супеси

пластичной и твердой (lgIIIvI). Графики пространственной изменчивости представлены на рисунке 2.3.

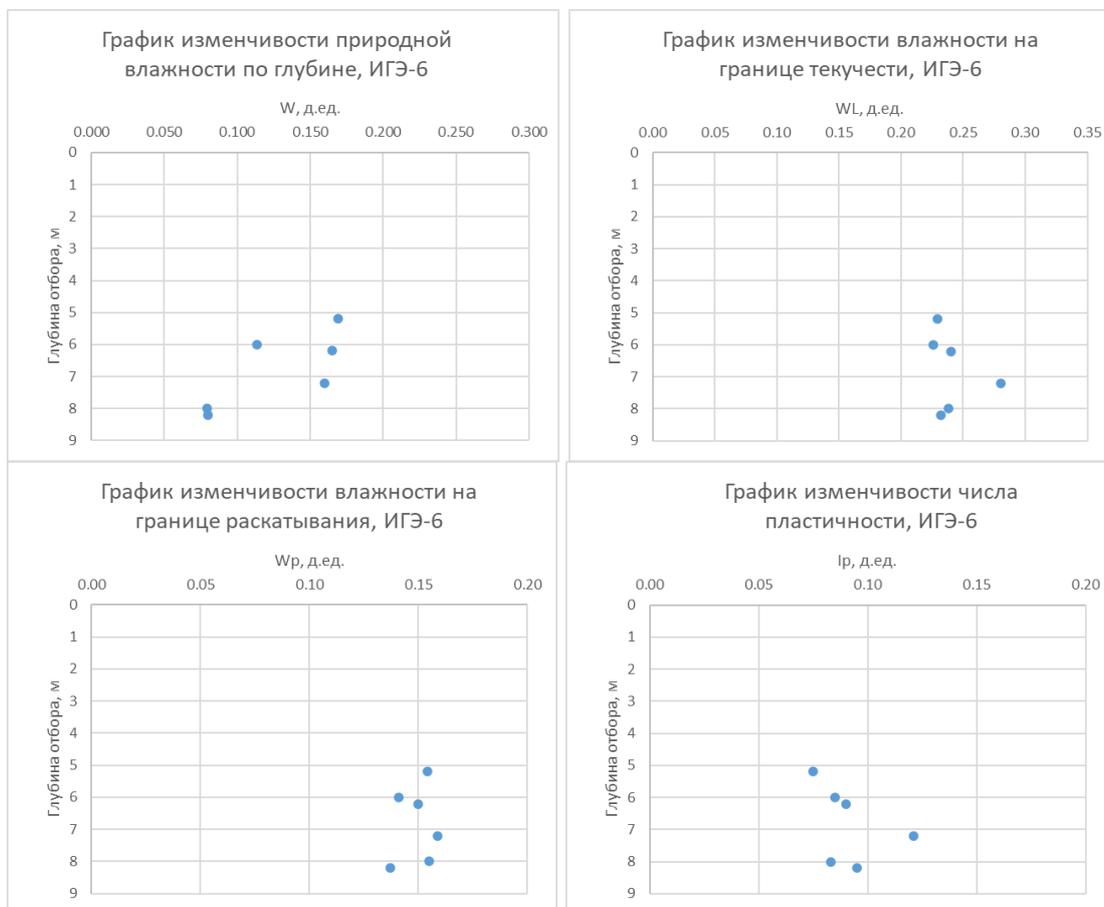


Рисунок 2.3 – Графики пространственной изменчивости характеристик грунтов по глубине для ИГЭ-6

ИГЭ-11 Супесь гравелистая, от твердой до пластичной консистенции с содержанием крупнообломочного материала до 40% (lgIIIvI). Графики пространственной изменчивости представлены на рисунке 2.4.

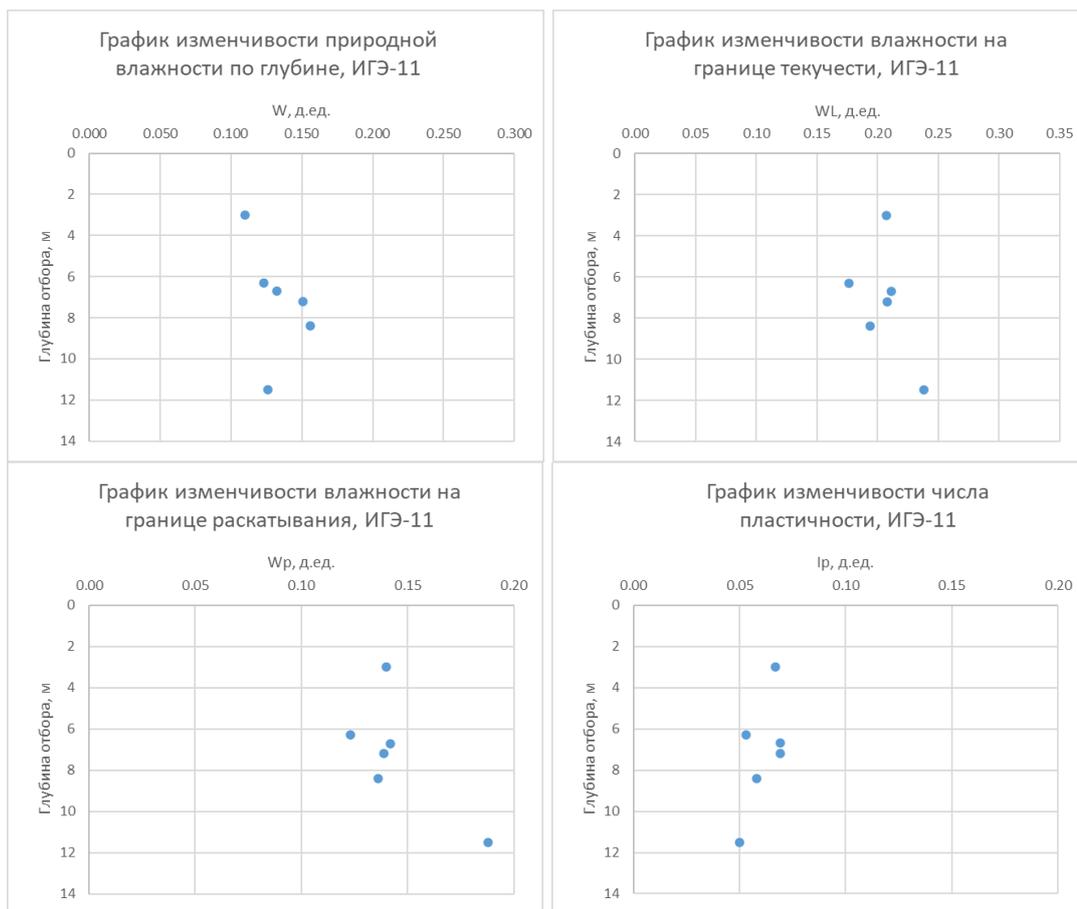


Рисунок 2.4 – Графики пространственной изменчивости характеристик грунтов по глубине для ИГЭ-11

ИГЭ-13 Песок гравелистый, насыщенный водой, средней плотности, с включениями гальки и гравия до 35% (lgIIIvI). Графики пространственной изменчивости представлены на рисунке 2.5.

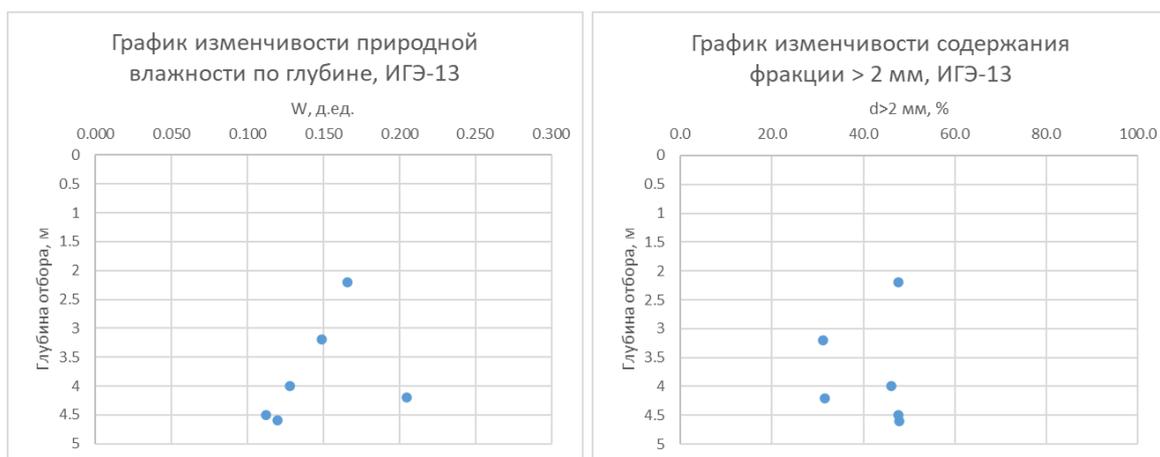


Рисунок 2.5 – Графики пространственной изменчивости характеристик грунтов по глубине для ИГЭ-13

ИГЭ-19 Гравийный грунт с песчаным и супесчаным заполнителем до 40%, насыщенный водой, с включениями гальки до 35% (lgIIIvl). Графики пространственной изменчивости представлены на рисунке 2.6.

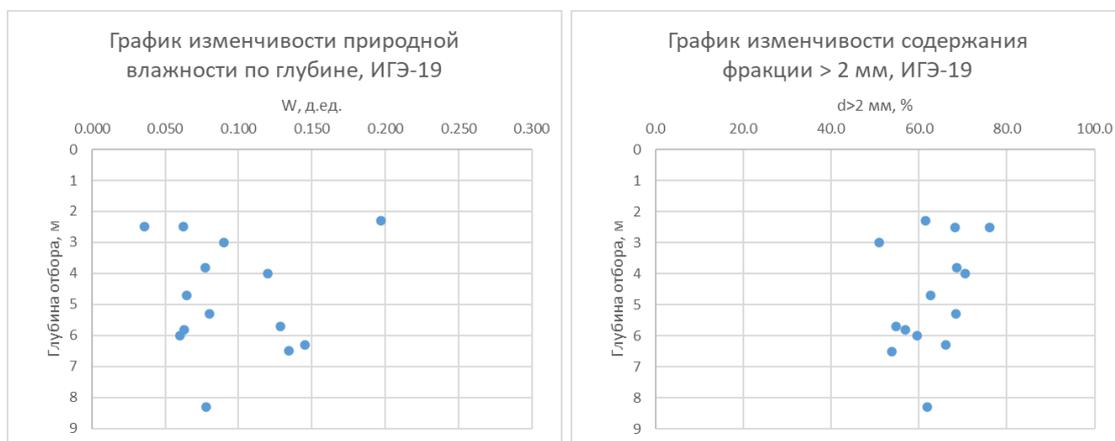


Рисунок 2.6 – Графики пространственной изменчивости характеристик грунтов по глубине для ИГЭ-19

ИГЭ-25 Супесь гравелистая, твердой консистенции. Содержание крупнообломочного материала до 35% (lgIIIvl). Графики пространственной изменчивости представлены на рисунке 2.7.

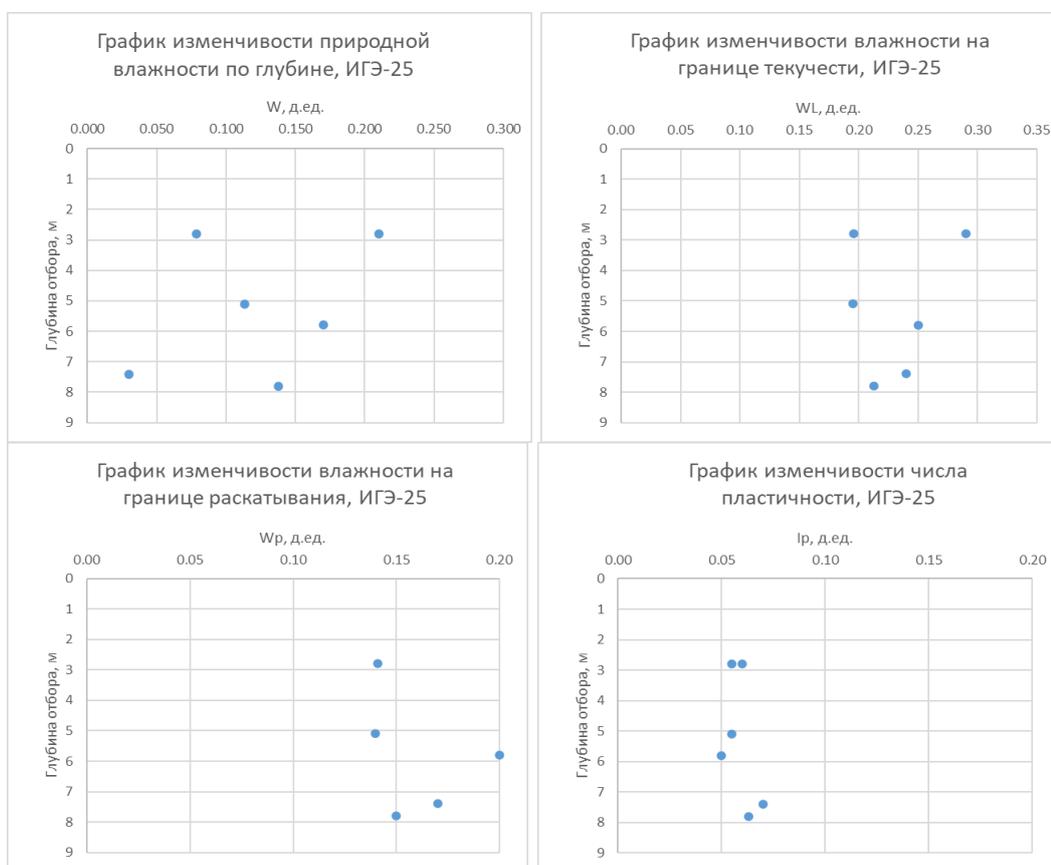


Рисунок 2.7 – Графики пространственной изменчивости характеристик грунтов по глубине для ИГЭ-19

ИГЭ-15 Габбро-долерит слабовыветрелый, слаботрещиноватый, прочный, неразмягчаемый ( $T_1$ ). Графики пространственной изменчивости представлены на рисунке 2.8.

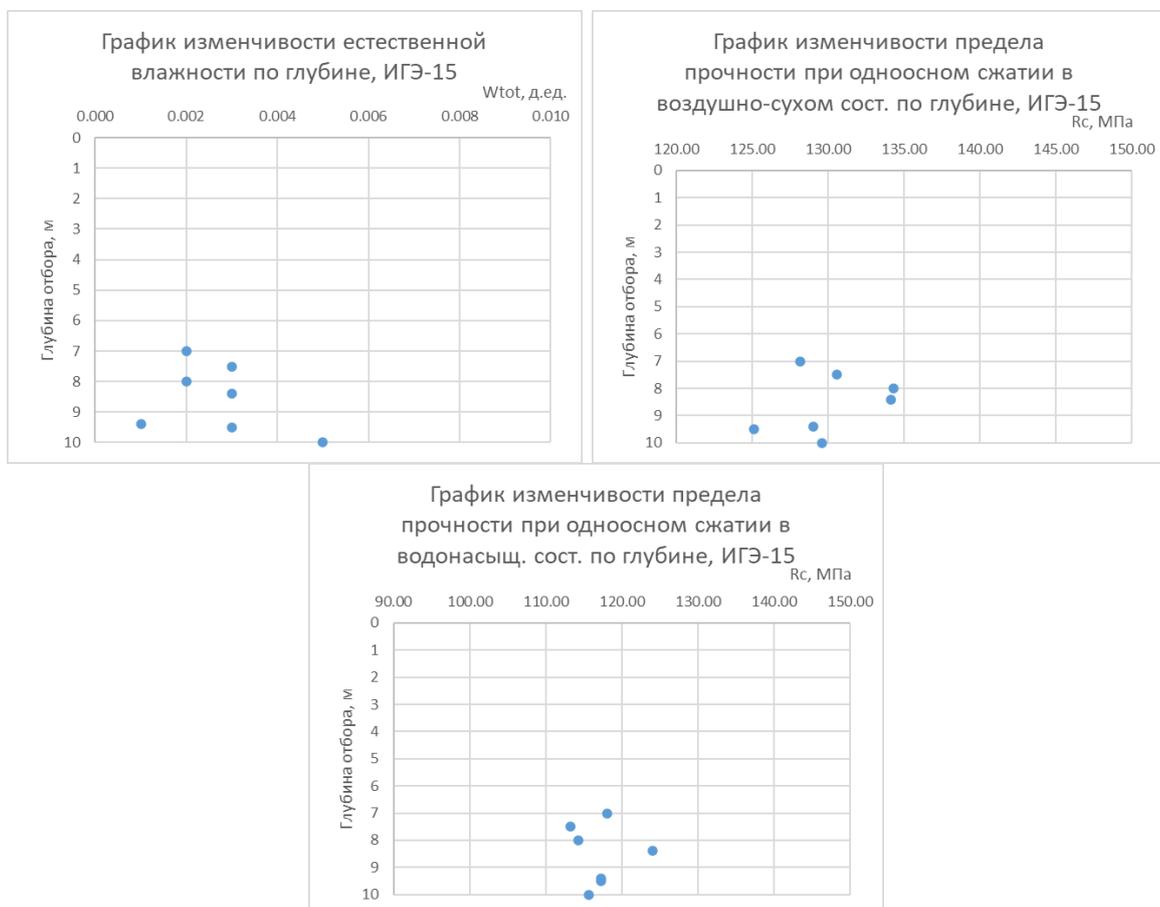


Рисунок 2.8 – Графики пространственной изменчивости характеристик грунтов по глубине для ИГЭ-15

Анализируя графики для выделенных инженерно-геологических элементов, находящихся в талом состоянии, можно сделать вывод, что характеристики грунтов изменяются в пределах выделенных ИГЭ случайным образом.

### Грунты в мерзлом состоянии:

Согласно п.5.4 [28] грунты, находящиеся в мерзлом состоянии, выделяем в отдельные инженерно-геологические элементы независимо от их мощности, т.к. они могут оказывать влияние на проектное решение:

ИГЭ-1м Насыпной грунт: щебенистый грунт с прослоями и линзами дресвяного суглинка, мерзлый слабльдистый, при оттаивании влажный

(lgIIIvl). На исследуемой площадке данный элемент вскрыт одной скважиной, мощностью 1,6 м.

ИГЭ-16 Суглинок пластичномерзлый, массивной криотекстуры, слабльдистый,  $i_1 < 0,20$  д.е., при оттаивании от полутвердой до текучей консистенции (lgIIIvl). На площадке данный элемент вскрыт одной скважиной, мощностью 1,3 м.

ИГЭ-17 Песок мелкий, пластичномерзлый, льдистый,  $i_{tot} < 0,60$  д.е., массивной криотекстуры, при оттаивании насыщенный водой (lgIIIvl). На исследуемой площадке данный элемент вскрыт одной скважиной, мощностью 1,6 м.

ИГЭ-24 Гравийный грунт с суглинистым заполнителем, пластичномерзлый, корковой криотекстуры, нельдистый  $i_1 < 0,03$  ( $i_{tot} < 0,20$ ) д.е., при оттаивании влажный (lgIIIvl). На площадке данный элемент вскрыт одной скважиной, мощностью 0,9 м.

### **2.3.3 Нормативные и расчетные показатели свойств грунтов**

Нормативные и расчетные значения характеристик грунтов следует устанавливать на основе статистической обработки результатов испытаний согласно п.6 ГОСТ 20522-2012 [28]. Нормативные показатели свойств грунтов принимают равным среднеарифметическому значению, расчетные показатели вычисляют по формуле 8 ГОСТ 20522-2012 [28], как отношение нормативного значения к коэффициенту надежности по грунту.

В таблице 2.1 представлены нормативные и расчетные показатели свойств для грунтов в талом состоянии, в таблице 2.2 – для грунтов в мерзлом состоянии, в таблице 2.3 – для скальных грунтов.

Таблица 2.1 Нормативные и расчетные показатели свойств талых грунтов

№ ИГЭ	Природная влажность $W$ , д.е.	Влажность на границе текучести, $W_L$ , д.е.	Влажность на границе раскатывания, $W_p$ , д.е.	Число пластичности, $I_p$	Показатель текучести, $I_L$ , д.е.	Коэффициент пористости, $e$ , д.е.	Коэффициент водонасыщения, $S_r$ , д.е.	Плотность сухого грунта, $\rho_d$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность частиц грунта, $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность грунта, $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Степень засоленности грунта $D_{sal}$ , %	Испытания на срез (лабораторные)		Модуль деформации, $E$ 0.1-0.2, МПа (в природном состоянии)	Модуль деформации по результатам полевых испытаний штампом, $E$ МПа	Приведены согласно таблицам табл. А1, А2, А3 (СП 22.13330.2016 [56])		
												Удельное сцепление, $C$ , МПа	Угол внутреннего трения, $\varphi$ , градусы			Удельное сцепление, $C$ , МПа	Угол внутреннего трения, $\varphi$ , градусы	Модуль деформации, $E$ , МПа
<b>ИГЭ 1 (тнН)</b>	0.125	0.25	0.18	0.07	-0.73	0.502	0.68	1.83	2.75	2.06	0.69				25.1			
<b>ИГЭ 5 (lgIIIvl)</b>	0.197	0.26	0.16	0.09	0.37	0.604	0.89	1.70	2.73	2.03	0.11				17.0			
<b>ИГЭ 6 (lgIIIvl)</b>	0.149	0.25	0.16	0.09	<0	0.535	0.77	1.81	2.78	2.08	0.14	0.030	24.0	5.6	15.2			
<b>ИГЭ 11 (lgIIIvl)</b>	0.151	0.21	0.15	0.06	0.03	0.565	0.82	1.73	2.71	2.03	0.20							
<b>ИГЭ 13 (lgIIIvl)</b>	0.157					0.589	0.85	1.66	2.66	2.08	0.26				15.3	0.001	40.0	40.0
<b>ИГЭ 19 (lgIIIvl)</b>	0.131	0.22	0.15	0.07	-0.26	0.479	0.74	1.84	2.72	2.08					31.7			
<b>ИГЭ 25 (lgIIIvl)</b>	0.125	0.22	0.16	0.06	<0	0.500	0.76	1.78	2.67	2.04	0.20				18.0			

Продолжение таблицы 2.1

№ ИГЭ	Расчетные значения прочностных характеристик			Для расчетов при доверительной вероятности $\alpha=0,85/0,95$ (СП 22.13330.2016 [56])							
	Удельное сцепление, $C$ , МПа	Угол внутреннего трения, $\varphi$ , градусы	Модуль деформации, $E$ , МПа	Плотность грунта, $\rho$ г/м <sup>3</sup>		Удельный вес грунта, $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>		Удельное сцепление грунта, $C$ , МПа		Угол внутреннего трения, $\varphi$ , градусы	
<b>ИГЭ 1 (тнН)</b>	0.011	32.0	45.5	2.04	2.03	20.01	19.91	0.010	0.009	29.1	27.8
<b>ИГЭ 5 (lgIIIvl)</b>	0.011	24.1	18.8	2.02	2.01	19.82	19.72	0.010	0.009	21.9	21.0
<b>ИГЭ 6 (lgIIIvl)</b>				2.07	2.06	20.31	20.21	0.024	0.020	21.8	20.9
<b>ИГЭ 11 (lgIIIvl)</b>	0.020	29.0	36.6	2.03	2.01	19.91	19.72	0.017	0.016	26.4	25.2
<b>ИГЭ 13 (lgIIIvl)</b>				2.07	2.07	20.31	20.31	0.000	0.000	382.0	36.5
<b>ИГЭ 19 (lgIIIvl)</b>	0.016	31.0	46.0	2.05	2.03	20.11	19.91	0.013	0.011	28.2	27.0
<b>ИГЭ 25 (lgIIIvl)</b>	0.023	28.8	37.0	2.04	2.02	20.01	19.82	0.018	0.015	26.2	25.0

Таблица 2.2 Нормативные и расчетные показатели свойств мерзлых грунтов

№ ИГЭ	Между включениями льда $W_m$	Влажность на границе текучести, $W_L$ , д.е.	Влажность на границе раскатывания, $W_P$ , д.е.	Число пластичности, $I_p$	Показатель текучести при оттаив., $I_L$ , д.е.	Коэффициент пористости мерзлого грунта, $e_f$ , д.е.	Коэффициент водонасыщения Коэффициент водонасыщения мерзлого грунта $S_b$ , д.е.	Плотность сухого мерзлого грунта, $\rho_{d,f}$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность частиц грунта, $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность мерзлого грунта, $\rho_f$ , г/см <sup>3</sup>	Суммарная влажность $W_{tot}$ , д.е.	Влажность мерзлого грунта за счет ледяных включений $W_i$ , д.е.	Влажность мерзлого грунта за счет незамерзшей воды $W_w$ , д.е.	Влажность мерзлого грунта за счет порового льда $W_{ic}$ , д.е.	Суммарная льдистость мерзлого грунта, $i_{tot}$ д.е.	Льдистость грунта за счет видимых ледяных включений $i_i$ , д.е.	Льдистость за счет льда-цемента $i_c$ , д.е.	Степень заплон. пор льдом и незамерзшей водой $S_i$ , д.е.
<b>ИГЭ 1м (tnH)</b>	0.127	0.243	0.173	0.070	-0.657	0.521	0.66	1.77	2.70	2.00	0.127	0.003	0.007	0.117	0.24	0.00	0.24	0.703
<b>ИГЭ 16 (lgIIIvl)</b>	0.220	0.281	0.190	0.09	0.549	1.010	0.65	1.36	2.74	1.69	0.240	0.020	0.112	0.108	0.19	0.04	0.15	0.626
<b>ИГЭ 17 (lgIIIvl)</b>	0.256					0.817	0.84	1.48	2.68	1.85	0.26	0.00	0.00	0.26	0.42	0.00	0.42	0.92
<b>ИГЭ 24 (lgIIIvl)</b>	0.130	0.22	0.14	0.07	-0.09	0.799	0.64	1.52	2.70	1.80	0.14	0.01	0.07	0.06	0.11	0.01	0.10	0.46

Продолжение таблицы 2.2

№ ИГЭ	Коэффициент водонасыщения талого грунта $S_r$ , д.с.	Удельное сцепление, С, МПа (СП 25.13330.2020 [58] табл.В.13)	Угол внутреннего трения, $\varphi$ , градусы (СП 25.13330.2020 [58] табл.В.13)	Модуль деформации, Е, МПа	Предельно длительное эквивалентное сцепление мерзлого грунта (по данным шарикового штампа), МПа	Степень засоленности грунта $D_{sal}$ , %	Температура грунта $T$ , °С	Температура начала замерзания грунта $T_{\text{вз}}$ , °С	Коэффициент теплопроводности грунта, Вт/(м·град)		Объемная теплоемкость мерзлого грунта $C_{\text{т}}$ , Дж/(кг·°С)	Объемная теплоемкость талого грунта $C_{\text{тб}}$ , Дж/(кг·°С)	Коэффициент оттаивания, $A_{\text{тб}}$ , д.с.	Коэффициент сжимаемости, $m$ , см.кв/кг	Коэффициент пористости талого грунта $e_{\text{т}}$ , д.с.
									$\lambda_{\text{тб}}$	$\lambda_{\text{тм}}$					
<b>ИГЭ 1м (тнН)</b>	0.74	0.185	31.0	23.2			-2.30	0.00	1.97	2.30	1.82	2.27	0.036	0.034	0.463
<b>ИГЭ 16 (lgIIIvl)</b>	0.91	0.065	15.0	6.2		0.10	-0.76	-0.20	1.33	1.56	2.35	2.98	0.036	0.059	0.722
<b>ИГЭ 17 (lgIIIvl)</b>	0.93	0.070	27.0	21.6	0.19	0.05	-0.38	0.00	2.15	2.50	1.91	2.77	0.039	0.037	0.736
<b>ИГЭ 24 (lgIIIvl)</b>	0.55	0.095	28.0	32.6		0.12	-0.78	0.00	1.90	2.30	1.79	2.12	0.026	0.025	0.658

Продолжение таблицы 2.2

№ ИГЭ	Плотность талого грунта $\rho_{th}$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность сухого грунта в оттаявшем состоянии $\rho_{d th}$ , г/см <sup>3</sup>	Для расчетов при доверительной вероятности $\alpha=0,85/0,95$			
			Плотность грунта, $\rho$ т/м <sup>3</sup>		Удельный вес грунта, $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	
<b>ИГЭ 1м (tnH)</b>	2.07	1.85	2.00	1.99	19.62	19.52
<b>ИГЭ 16 (lgIIIvl)</b>	1.96	1.59	1.57	1.50	15.40	14.72
<b>ИГЭ 17 (lgIIIvl)</b>	1.92	1.54	1.83	1.82	17.95	17.85
<b>ИГЭ 24 (lgIIIvl)</b>	1.85	1.63	1.70	1.61	16.68	15.79

Таблица 2.3 Нормативные и расчетные показатели свойств скальных грунтов

Номер ИГЭ	Физические показатели			Прочностные и деформационные показатели		Коэффициент выветрелости $K_{вг}$ , д.е.	Коэффициент размягчаемости $K_{соф}$ , д.е.	Для расчетов при доверительной вероятности $\alpha=0,85/0,95$ (СП 22.13330.2016 [56])					
	Плотность грунта, $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность мерзлого грунта в сухом состоянии, $\rho_{df}$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность частиц грунта, $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	Предел прочности при одноосном сжатии $R_c$ , МПа				Плотность грунта, $\rho$ т/м <sup>3</sup>	Удельный вес грунта, $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	Предел прочности при одноосном сжатии в водонасыщенном состоянии $R_{c, sat}$ , МПа			
				в воздушно-сухом сост.	в водонасыщенном сост.								
ИГЭ 15 (T1)	2.88	2.87	3.00	129.48	111.71	0.96	0.87	2.87	2.87	28.15	28.15	110.39	109.62

## **2.4 Геокриологические условия**

Согласно СП 11-105-97 часть IV [53] приложение Л, описываемая территория расположена в области сплошного распространения многолетнемерзлых грунтов. Однако, исследуемая площадка изысканий находится на застроенной территории, где в процессе освоения и эксплуатации территории Медного завода произошли изменения инженерно-геокриологических условий – деградация мерзлоты. Изменения выражены в формировании техногенного талика, мощностью более 65 м.

Техногенные талики, обусловлены отепляющим влиянием зданий и сооружений, утечками и сбросами технологических, бытовых и сточных вод, а также вызванных техногенными причинами – инженерной подготовкой территории посредством подсыпки или срезки, подпором поверхностного или подземного стоков.

В пределах района работ мерзлые грунты имеют ограниченное распространение. По инженерно-геологическому разрезу I-I мерзлые грунты встречены в скважинах 125-21 с поверхности до глубины 3,8 м и 127-21 на глубине 5,0-6,6 м. Сезонномерзлые грунты представлены голоценовыми техногенными отложениями – насыпным грунтом ИГЭ-1м, озерно-ледниковыми отложениями вальковской толщи муруктинского горизонта – суглинком пластичномерзлым ИГЭ-16, песком мелким пластичномерзлым ИГЭ-17, гравийным грунтом с суглинистым заполнителем, пластичномерзлым ИГЭ-24.

Глубина нулевых годовых колебаний температур на участке составляет 10 м.

## **2.5 Гидрогеологические условия**

В районе работ по инженерно-геологическому разрезу I-I до изученной глубины 11,0 м водоносный горизонт не встречен.

## 2.6 Геологические процессы и явления на участке

В районе работ распространены криогенные процессы – морозное пучение грунтов. Процессам морозного пучения подвержена большая часть (до 75%) всей площадки. Согласно СП 115.13330.2016 [54] процесс морозного пучения на данной территории по категории опасности является опасным.

В пределах всей площадки в слое сезонного оттаивания-промерзания залегают слабопучинистые и среднепучинистые грунты, представленные насыпными щебенисто-дресвяными грунтами с песчаным, супесчаным и суглинистым заполнителями 30%.

Нормативная глубина сезонного оттаивания на площадке для глинистых грунтов составляет до 2,26 м. Нормативная глубина сезонного оттаивания для крупнообломочных грунтов и песков 2,24-3,45 м. Нормативная глубина сезонного промерзания составляет для крупнообломочных грунтов и песков в мерзлом состоянии составляет 3,51-5,78 м, в талом состоянии – 3,51 м, для глинистых грунтов в мерзлом состоянии до 3,70 м, в талом состоянии 3,55 м.

В таблице 2.4 представлена классификация инженерно-геологических элементов по степени морозной пучинистости согласно ГОСТ 28622-2012 [37], а также по показателю дисперсности согласно п.6.8.8 СП 22.13330.2016 [56].

Таблица 2.4 Определение пучинистости поэлементно

№ ИГЭ	$\varepsilon_{fn}$ , д.е	Характеристика грунта	D	Характеристика грунта
1			1.1	слабопучинистый
5	0.020	слабопучинистый	6.2	пучинистый
6	0.011	слабопучинистый	7.1	пучинистый
11	0.010	слабопучинистый	5.1	пучинистый
13			2.6	слабопучинистый
25	0.011	слабопучинистый	7.6	пучинистый
1м			1.0	слабопучинистый
16	0.055	среднепучинистый		
24			2.0	слабопучинистый

Категория опасности по пучению согласно СП 115.13330.2016 [54] умеренно опасная при условии, что водоносные горизонты не встречены.

## **2.7 Оценка категории сложности инженерно-геологических и инженерно-геокриологических условий участка**

Оценка категории сложности инженерно-геологических условий устанавливается согласно СП 47.13330.2016 [61] приложение Г.

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 III (сложной) категории сложности. В предполагаемой сфере взаимодействия сооружения с геологической средой выделяется пять слоев грунтов различных подвидов, также имеется линзовидное залегание слоев, характеристики которых изменяются незакономерно. Скальные грунты имеют неровную кровлю и перекрыты нескальными грунтами. 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 оказывает существенного влияния на выбор проектных решений. По наличию специфических грунтов в сфере взаимодействия сооружения с геологической средой 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 категорию сложности инженерно-геологических условий площадки работ следует устанавливать средней сложности (II категория).

Категории сложности инженерно-геокриологических условий определяется согласно СП 493.1325800.2020 [62] приложение А.

По геоморфологическим условиям площадка района работ относится к I (простой) категории сложности. По геологическим условиям и геокриологической характеристике грунтового массива в зоне взаимодействия сооружения с геологической средой относится к III (сложной) категории сложности. Мерзлые грунты имеют островное распространение, дисперсные грунты пластичномерзлые. По гидрогеологическим условиям в зоне взаимодействия сооружения с геологической средой относится к I (простой) категории сложности. По геокриологическим, геологическим и инженерно-геологическим процессам, отрицательно влияющим на условия строительства сооружения площадка района работ относится ко II (средней) категории сложности. По техногенным воздействиям и изменению освоенных территорий относится к I (простой) категории сложности.

Таким образом, по совокупности факторов категорию сложности инженерно-геокриологических условий площадки работ следует устанавливать средней сложности (II категория). Так как факторы, относящиеся к сложной категории, не являются определяющими при принятии проектных решений.

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

При строительстве возможно проявление следующих неблагоприятных геологических процессов, которые могут осложнить строительство и эксплуатацию объекта:

- Морозное пучение грунтов. При промерзании сезонного слоя осенью отмечается пучение за счет замерзания грунтовой влаги без подтока

извне (система закрытого типа). Пучение приводит к слабым деформациям структуры напочвенного растительного покрова. Величина пучения слоя сезонного промерзания больше пучения сезонноталого слоя, так как сезоннопромерзающий слой является открытой системой и его промерзание сопровождается активной миграцией влаги.

Для предотвращения процессов пучения в период строительства рекомендуется провести:

- инженерно-мелиоративные мероприятия: теплоизоляция фундамента, осушение грунтов в пределах сезонно-мерзлого слоя и предохранение грунтов от насыщения поверхности атмосферными и производственными водами;

- конструктивные мероприятия: заанкерирование фундаментов в вечномёрзлый грунт, что достигается увеличением глубины заложения. При этом проверяется прочность фундамента на разрыв от действия сил пучения;

- физико-химические мероприятия: для уменьшения касательных сил пучения фундаменты в пределах деятельного слоя покрывают противопучинистыми смазками, устойчивыми к механическому воздействию (на основе битума или эпоксидной смолы). Приемлемы и противопучинистые засыпки из сухого гравия, гальки, шлака или засоленной глины, имеющей пониженную температуру замерзания.

- работы по повышению плотности грунтов и понижению уровня грунтовых вод.

## **2.9 Теплотехнический прогноз поведения грунтов при эксплуатации блока градирен.**

При проведении прогнозных расчетов в условиях вечной мерзлоты одной из важных задач является определение трехмерного теплового состояния грунтов в процессе эксплуатации сооружения, т.к. от того, будут ли грунты находиться в мерзлом или талом состоянии, зависит устойчивость и надежность сооружения.

Frost 3D – программный комплекс для моделирования процессов тепло-массопереносов в многолетнемерзлых грунтах с учетом влияния внешних тепловых воздействий. Разработчиком программного комплекса Frost 3D является компания ООО «НТЦ «Симмэйкерс».

Данный программный комплекс позволяет получать научно-обоснованные прогнозы тепловых режимов многолетнемерзлых грунтов в условиях теплового влияния трубопроводов, добывающих скважин, зданий, гидротехнических и других сооружений с учетом термостабилизации грунта. Рассматривается массив грунта, в котором решается численное уравнение теплопроводности. Задачи, решаемые программным комплексом Frost 3D определяют, как различные источники тепла влияют на тепловое состояние многолетнемерзлых грунтов.

Расчет задачи распространения тепла в трехмерном пространстве в программе основан на уравнении теплопроводности (1), в котором учтены фазовые превращения и перенос тепла за счет конвекции:

$$\left( C(T) + \rho_b L \frac{\partial w_w(T)}{\partial T} \right) \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla(-\lambda(T)\nabla T) + C_w u \nabla T = 0, \quad (1)$$

где,  $T$  – температура, °C;

$C(T)$  – зависимость объемной теплоемкости грунта от температуры, Дж/(м<sup>3</sup>·°C);

$w_w(T)$  – зависимость количества незамерзшей воды в грунте от температуры, д.е.;

$\rho_b$  – плотность грунта, кг/м<sup>3</sup>;

$L$  – удельная теплота фазового перехода, Дж/кг;

$t$  – время, с;

$\lambda(T)$  – зависимость теплопроводности грунта от температуры, Вт/(м·°C);

$C_w$  – объемная теплоемкость воды, Дж/(м<sup>3</sup>·°C);

$u$  – вектор скорости фильтрации грунтовых вод, м/с [67].

Необходимо провести прогнозный расчет теплового режима грунтов под основанием блока градирен с бассейном, заглубленным на два метра и со свайно-плитным фундаментом. Толщина плиты составляет два метра, длина свай – четыре метра. В силу малого теплового воздействия свай на грунты, при моделировании их не учитываем. Размер моделируемой области 70х30х9м. Прогнозный расчет проведем на 5 лет с 15.06.2022 года.

Некоторых данных для корректных расчетов было недостаточно, поэтому эти значения были взяты из научной литературы и открытых источников [8, 10], а именно высоты снегового покрова, коэффициента теплообмена снегового покрова с атмосферой, температуры воздуха.

По условиям предотвращения разрушения конструкционных материалов (бетона и древесины) температура воды, поступающей на градирни, не должна превышать 60°C [3]. Тогда примем температуру бассейна равной 50°C. Материал, из которого выполнен бассейн блока градирен – бетон, его характеристики, следующие:

- плотность 2,4 г/см<sup>3</sup>;
- объемная теплоемкость 1,7·10<sup>6</sup> Дж/(м<sup>3</sup>·К);
- теплопроводность 1,35 Вт/(м·К).

Температура плиты принималась равной температуре грунтов, на глубине ее залегания.

Климатические данные, теплофизические свойства грунтов и температурное распределение по глубине грунтов приведены в таблицах 2.5-2.9. Расположение инженерно-геологических скважин и мощность ИГЭ, встреченных скважинами приведены в таблице 2.10.

Таблица 2.5 – Температура воздуха

Температура, °С		Температура, °С	
01.01.2021	-26.90	01.07.2021	14.30
01.02.2021	-27.20	01.08.2021	11.40
01.03.2021	-21.90	01.09.2021	4.00
01.04.2021	-13.90	01.10.2021	-9.50
01.05.2021	-4.80	01.11.2021	-20.20
01.06.2021	7.00	01.12.2021	-25.10

Таблица 2.6 – Теплофизические свойства грунтов

ИГЭ	Т	ρd г/см3	W д.е.	С		λ	
				талый	мерзлый	талый	мерзлый
				Дж/(м3·°C)		Вт/(м·°C)	
1	использовать температурное распределение	1.83	0.125	2.30E+06	1.80E+06	2.12	2.53
11		1.73	0.151	2.57E+06	2.05E+06	1.60	1.75
13		1.66	0.157	2.34E+06	1.77E+06	1.99	2.35
19		1.83	0.134	2.36E+06	1.83E+06	2.17	2.61
15		2.87	0.004	2.20E+06		1.45	
1м		1.77	0.127	2.27E+06	1.82E+06	1.97	2.30
16		1.49	0.237	2.98E+06	2.35E+06	1.33	1.56
17		1.48	0.256	2.77E+06	1.91E+06	2.15	2.50
24		1.52	0.135	2.12E+06	1.79E+06	1.90	2.30

Таблица 2.7 – Коэффициент теплообмена снегового покрова с атмосферой

Коэффициент теплопроводности, Вт/м2*К		Коэффициент теплопроводности, Вт/м2*К	
01.01.2021	16.05	01.07.2021	15.58
01.02.2021	14.30	01.08.2021	16.28
01.03.2021	14.30	01.09.2021	16.63
01.04.2021	13.96	01.10.2021	15.58
01.05.2021	14.07	01.11.2021	15.70
01.06.2021	14.65	01.12.2021	14.77

Таблица 2.8 – Высота снегового покрова

Высота снега, м		Высота снега, м	
01.01.2021	0.278	01.07.2021	0
01.02.2021	0.35	01.08.2021	0
01.03.2021	0.406	01.09.2021	0
01.04.2021	0.455	01.10.2021	0.101
01.05.2021	0.365	01.11.2021	0.244
01.06.2021	0	01.12.2021	0.286

Таблица 2.9 – Температурное распределение по глубине на 21.05.2021

Скважина 125-21		Скважина 127-21		Скважина 129-21	
Глубина, м	Температура, °C	Глубина, м	Температура, °C	Глубина, м	Температура, °C
0	-0.60	0	0.2	0	0.15
-1	-1.30	-1	0.30	-1	0.20
-2	-2.30	-2	0.25	-2	0.50
-3	-2.20	-3	1.95	-3	4.00
-4	0.05	-4	5.00	-4	4.60
-5	13.10	-5	-0.40	-5	5.10
-6	12.10	-6	-0.55	-6	5.20
-7	12.00	-7	2.00	-7	6.10
-8	11.20	-8	0.20	-8	6.00
		-9	0.00	-9	5.10

Таблица 2.10 – Положение скважин и мощность инженерно-геологических элементов

Номер скважин	125-21		127-21		129-21	
	Положение скважин					
Абсолютная отметка устья, м	67.9		68.33		67.89	
X, м	0		25		50	
Y, м	25		25		25	
	ИГЭ	мощность, м	ИГЭ	мощность, м	ИГЭ	мощность, м
	1м	1.6	1	2.7	1	3
	16	1.3	11	1.3	13	2.2
	24	0.9	19	1	19	1.8
	19	0.8	17	1.6	15	2
	13	0.4	11	0.4		
	19	1	15	2		
	15	2				

Началом работы было задание исходных данных в редакторе 2D. Для построения компьютерной модели, исходя из геометрических размеров блока градирен и граничного условия боковых граней, создается расчетная область 70x30x9м. Устанавливается геолого-литологическое строение моделируемой области по инженерно-геологическому разрезу, согласно приложению Б. Для различных слоев грунта задаются теплофизические свойства: теплопроводность в талом и мерзлом состоянии, объемная теплоемкость в талом и мерзлом состоянии, суммарная весовая влажность грунта, плотность сухого грунта, количество незамерзшей воды для мерзлых грунтов, температура (используем температурное распределение по данным термометрии).

На восстановленной трехмерной геометрии моделируемой области определяются поверхности, на которых будут заданы граничные условия для боковых, нижней и верхней граней, а также для граней бассейна и плиты блока градирен.

Для боковых и нижней граней расчетной области используем граничное условие второго рода, где задается зависимость теплового потока (равного нулю) от времени. Для верхней грани используем граничное условие третьего рода, где задается теплообмен с воздухом посредством коэффициента теплообмена и изменения температуры воздуха во времени, а также влияние

снежного покрова на теплообмен грунтов с воздухом заданием толщины и теплопроводности снегового покрова. Для граней бассейна и плиты блока градирен используем граничное условие третьего рода, где задается теплообмен с грунтами через коэффициент теплообмена и температуру бассейна.

После чего трехмерная модель разбивается на прямоугольную расчетную сетку (рисунок 2.9) и осуществляется прогнозный расчет модели на 5 лет с 15.06.2022 года каждые 6 месяцев.

Результаты прогнозирования моделируемой области температурного режима грунтов в сечении представлены ниже (рисунок 2.10-2.11) в виде цветового распределения в различные моменты времени.

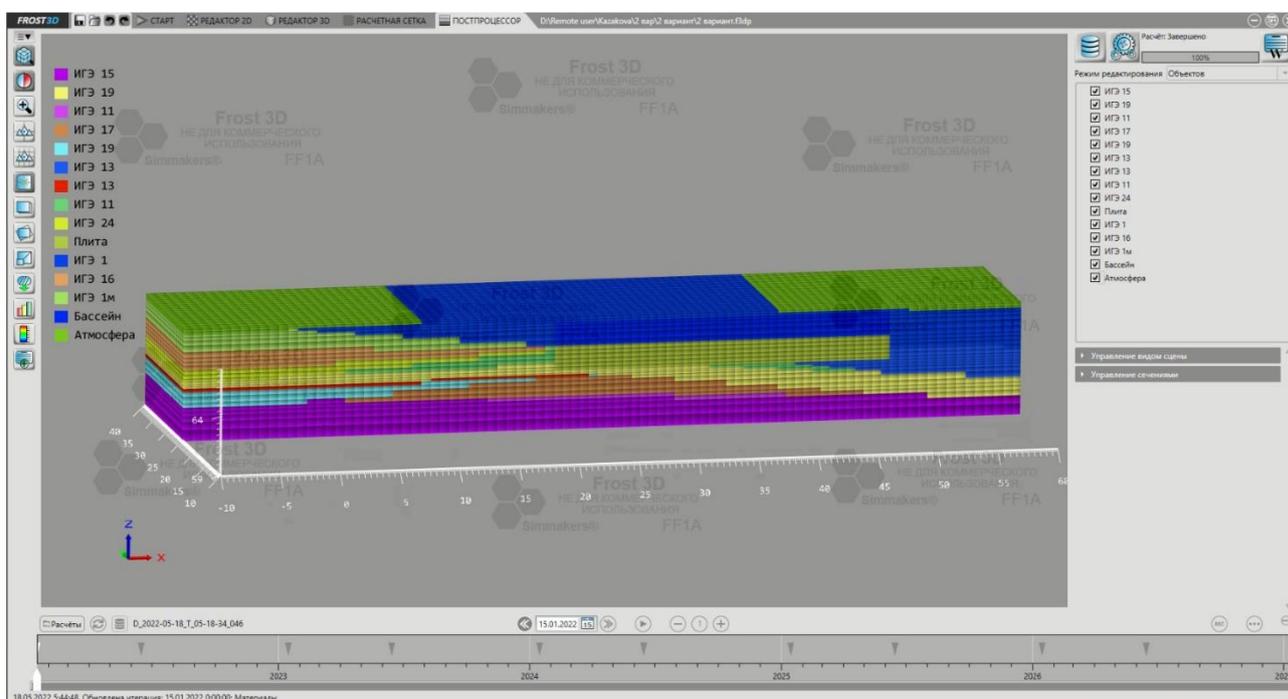


Рисунок 2.9 – Расчетная сетка трехмерной модели

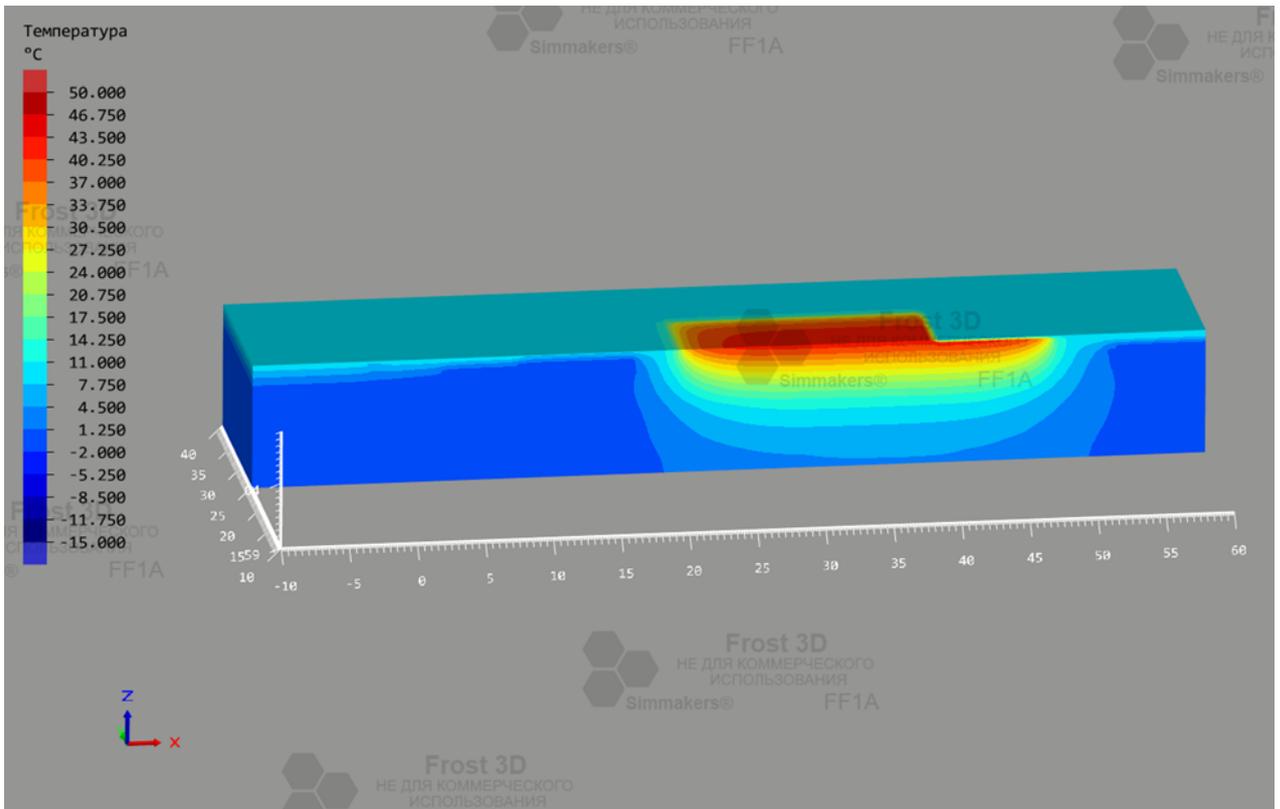


Рисунок 2.10 – Результат прогнозирования температурного режима грунтов на 15.06.2022 года

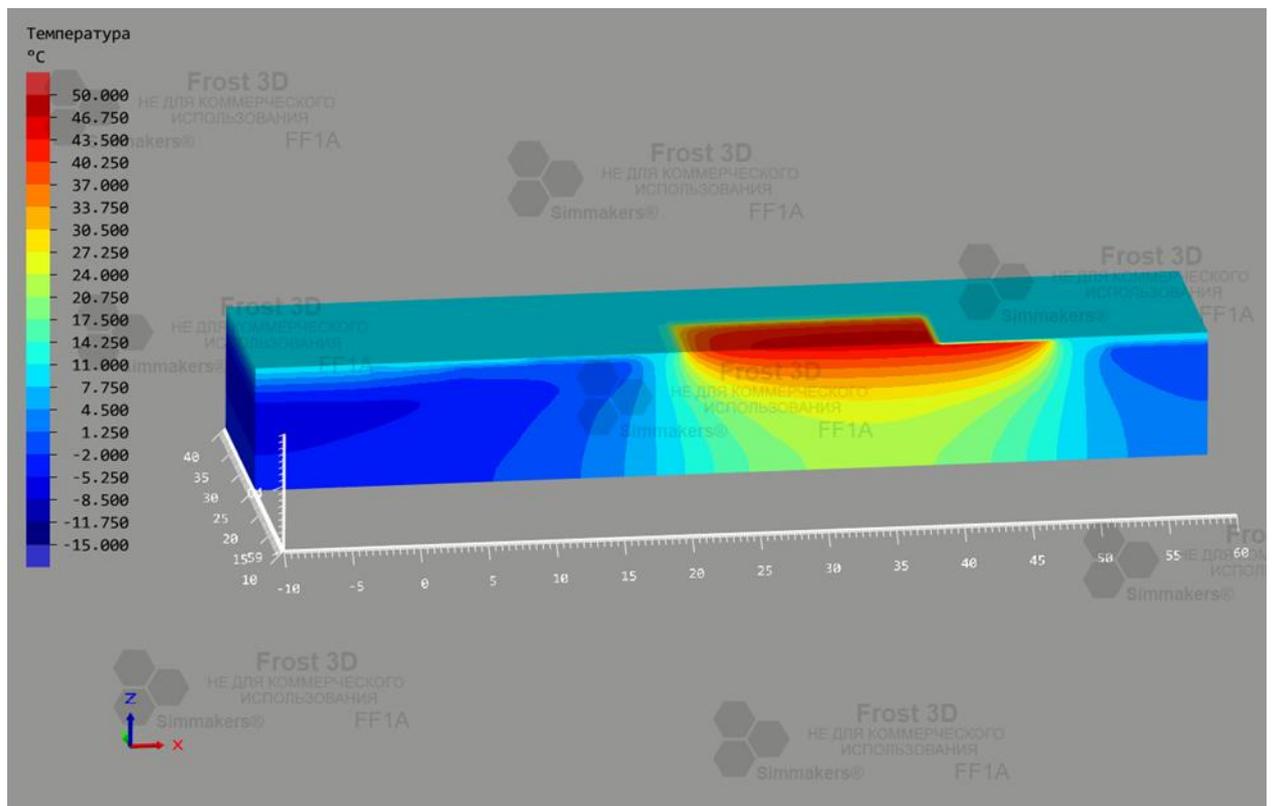


Рисунок 2.11 – Результат прогнозирования температурного режима грунтов на 15.06.2027 года

По результатам расчета получаем модель теплового распределения от бассейна блока градирен, который оказывает обогревающее воздействие на следующие грунты:

ИГЭ-1 Насыпной грунт: щебенистый грунт с прослоями и линзами дресвяного, суглинка полутвердого, с супесчаным твердым, суглинистым полутвердым и песчаным влажным заполнителем до 30% ( $t_nH$ ), залегающий от поверхности до глубины 2,7-3,0 м.

ИГЭ-11 супесь гравелистая, от твердой до пластичной консистенции с содержанием крупнообломочного материала до 40% (lgIIIvl), залегающая на глубине от 2,7 до 4,0 м.

ИГЭ-13 песок гравелистый, насыщенный водой, средней плотности, с включениями гальки и гравия до 35% (lgIIIvl), залегающий на глубине от 3,0 до 5,2 м.

ИГЭ-17 песок мелкий, пластичномерзлый, льдистый,  $itot < 0,60$  д.е., массивной криотекстуры (lgIIIvl), залегающий на глубине от 5,0 до 6,6 м.

ИГЭ-19 гравийный грунт с песчаным и супесчаным заполнителем до 40%, насыщенный водой, с включениями гальки до 35% (lgIIIvl), залегающий на глубинах от 4,0 до 5,0 м, от 5,2 до 7,0 м.

ИГЭ-15 габбро-долерит слабыветрелый, слаботрещиноватый, прочный, неразмягчаемый ( $T_1$ ), встреченный на глубинах от 7,0 до 9,0 м.

Сооружение не оказывает обогревающего воздействия на грунты, встреченные в скважине 125-21, распределение температур представлено на рисунке 2.12. Максимальная отрицательная температура грунтов на прогнозируемый период увеличилась с глубиной от отметки 65,94 м, достигая температуры минус 1,5°C (на момент 15.06.2022 г) до абсолютной отметки 64,87 м, температура в которой достигает минус 5,5°C (на момент 15.06.2027 г.), т.е. со временем происходит промораживание грунтов.

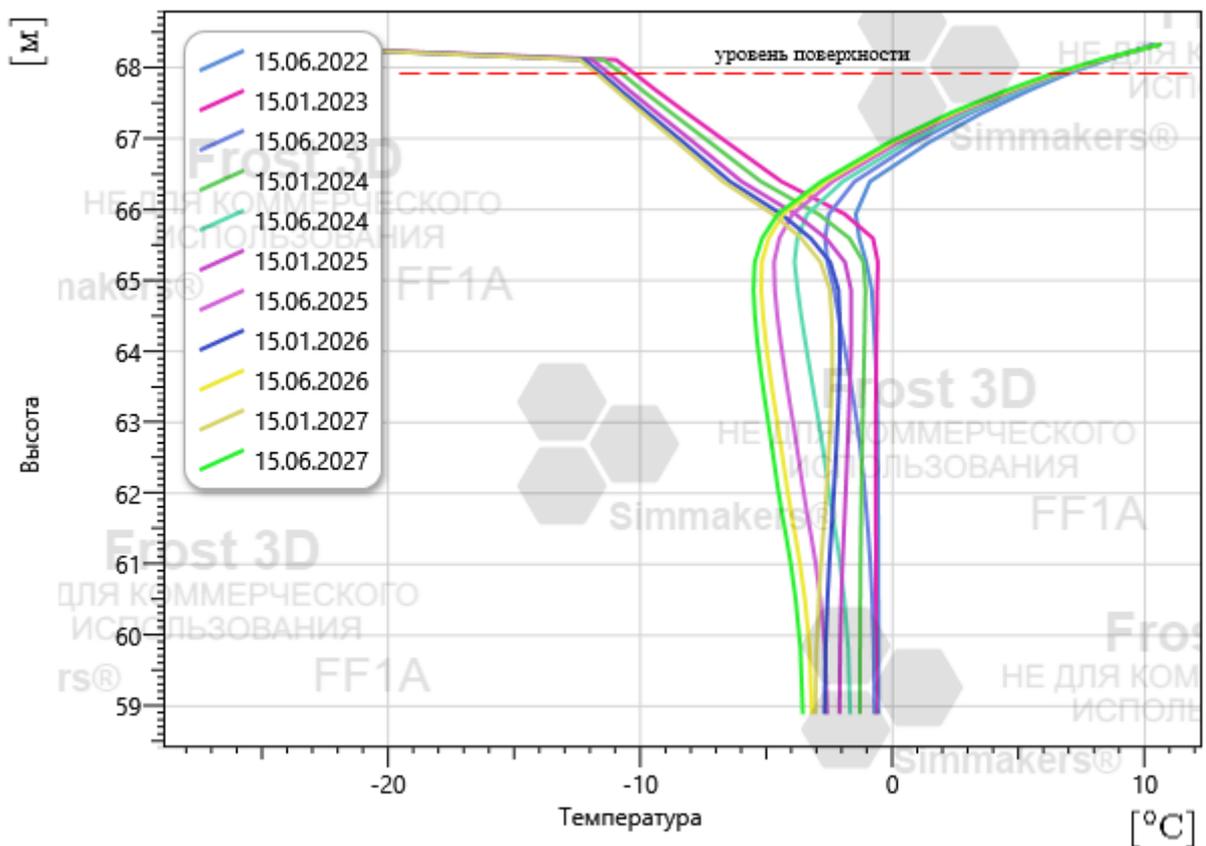


Рисунок 2.12 – Распределение температур в скважине 125-21

Под центром плиты на момент начала прогнозирования (15.06.2022 г.) температуры грунтов при воздействии высоких температур от бассейна блока градирен составляют от 39,6°C у поверхности, уменьшаясь до 4,3°C на глубине 9 м от поверхности. На конечный момент прогнозирования (15.06.2027 г.) через пять лет эксплуатации сооружения температуры составляют от 43,3°C у поверхности, уменьшаясь до 21,6°C на глубине 9 м. На рисунке 2.13 представлен график распределения температур по глубине на начальный и конечный моменты прогнозирования, абсолютная отметка поверхности 67,89 м.

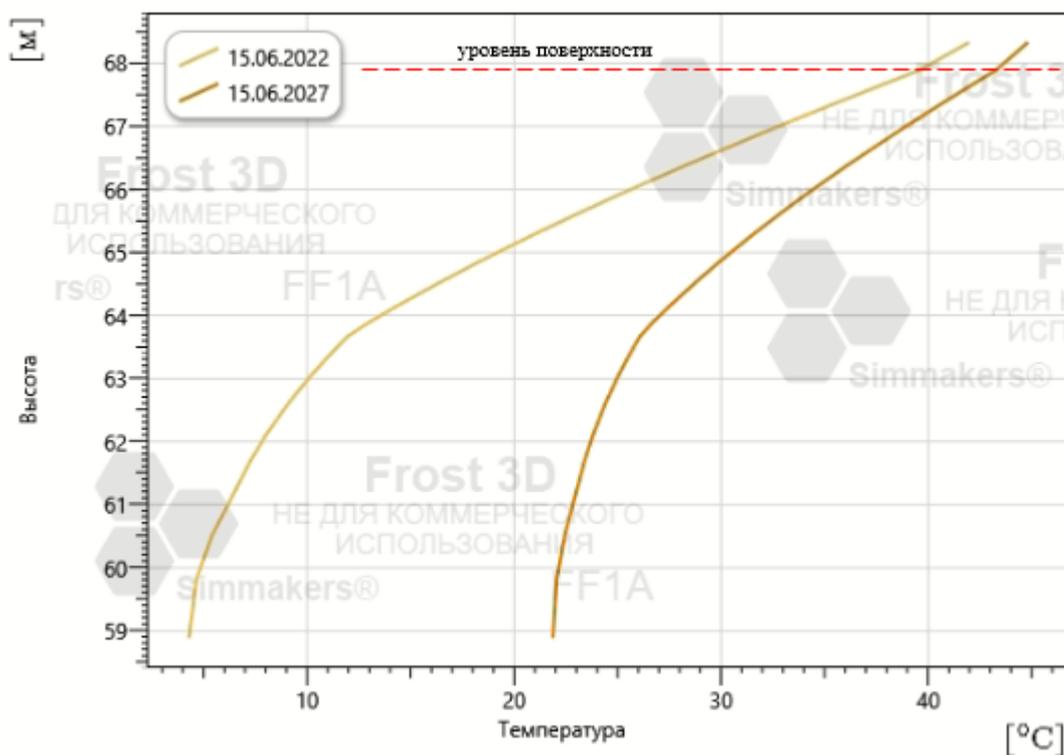


Рисунок 2.13 – Распределение температур в центре плиты (координаты 35,05; 25 м)

Таким образом, полученный прогноз наглядно показывает тепловое влияние сооружения на грунты. В таком случае, при строительстве сооружения рекомендуется предусмотреть использование теплоизоляторов, для предотвращения глубинного влияния высоких температур.

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

На стадии рабочей документации проводится инженерно-геологическая разведка в пределах предполагаемой сферы взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой. Инженерно-геологическая разведка представляет собой комплекс инженерно-геологических работ на завершающих этапах инженерно-геологических изысканий, основной целью которой является получение исходных количественных данных для расчета оснований и фундаментов сооружений или их среды и для количественного прогноза изменения геологической среды в процессе строительства и эксплуатации сооружений [1].

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

На площадке района работ следует применять II принцип использования грунтов в качестве оснований – грунты основания используются в талом или оттаивающем состоянии (с их предварительным оттаиванием на расчетную глубину до начала возведения сооружения или с допущением их оттаивания в период эксплуатации сооружения), так как мерзлые грунты имеют островное распространение, а также проектируемое сооружение может оказывать отепляющее воздействие.

В соответствии с руководством по проектированию оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах [6], II принцип необходимо применять при наличии в основании скальных грунтов, при несплошном распространении вечномерзлых грунтов, неодинаковой глубине залегания верхней поверхности вечномерзлых грунтов, в тех случаях, когда по технологическим или конструктивным особенностям сооружения экономически целесообразно.

Под сферой взаимодействия понимают некоторый объем грунта, на который воздействует сооружение, в результате чего изменяется напряженное

состояние грунта, температурный и влажностный режим и который влияет на устойчивость сооружений [2]. В зависимости от глубины и площади сферы взаимодействия определяют состав и объем работ. Согласно рекомендациям по производству инженерно-геологической разведки [1], границы сферы взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой по площади имеют контур проектируемого сооружения, а по глубине в районах распространения вечномёрзлых грунтов – не выше зоны нулевых годовых колебаний температуры грунтов.

Таким образом, за границы сферы взаимодействия примем:

по ширине – контур проектируемого блока градирен;

по глубине – отметку нулевых годовых колебаний температур.

Проектом предусмотрены инженерно-геологические изыскания для строительства блока градирен на площадке Медного завода в г. Норильск. Техническая характеристика проектируемого сооружения приведена в таблице В.1.

В результате анализа сферы взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой составляется расчетная схема основания. Расчетная схема основания сооружения представлена в приложении В.

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

Для изучения инженерно-геологических и гидрогеологических условий участка необходимо выполнить следующие виды работ:

- **Сбор, изучение и систематизация материалов изысканий и исследований прошлых лет.** Материалы подлежащие сбору, изучению и систематизации следующие: сведения о климате, гидрографической сети района исследований, характере рельефа, геоморфологических особенностях, геологическом строении, гидрогеологических условиях, геологических и инженерно-геологических процессах, физико-механических свойствах грунтов, составе подземных вод, техногенных воздействиях и последствиях

хозяйственного освоения территории, а также сведения о деформациях зданий и сооружений, результаты обследования грунтов их оснований, опыт строительства сооружений в районе изысканий. Возможность использования материалов изысканий прошлых лет следует проводить согласно СП 47.13330.2016 [61] п.6.1.7.

- **Инженерно-геологическая рекогносцировка.** При рекогносцировочном обследовании территории выполняют:

- осмотр территории участка работ,
- оценку геоморфологических, гидрогеологических, геологических и геокриологических условий,
- описание и фотофиксацию геологических и инженерно-геологических процессов,
- обследование объектов, подвергшихся воздействию природных и техногенных факторов;

- **Топографо-геодезические работы.** Осуществляется для планово-высотной привязки горных выработок и опытных точек. Проектом предусмотрено выполнение привязки трех буровых скважин и двух опытных точек;

- **Проходка горных выработок и инженерно-геологическое опробование.** Осуществляют для установления инженерно-геологического разреза, условий залегания грунтов; отбора образцов грунтов нарушенной и ненарушенной структуры для лабораторного определения их состава, состояния, физических и механических характеристик; определения положения уровня подземных вод; выявления и оконтуривания зон проявления геологических и инженерно-геологических процессов; проведения полевых исследований свойств грунтов в естественном залегании; выполнения инженерно-геофизических исследований. Отбор образцов грунтов из инженерно-геологических выработок, упаковка, транспортировка в лабораторию и хранение следует выполнять в соответствии с ГОСТ 12071-2014 [23]. Отбор, консервацию, хранение и транспортировку проб воды для

лабораторных исследований следует осуществлять в соответствии с ГОСТ 31861-2012 [40].

- **Инженерно-геофизические исследования.** Осуществляют для оценки состава, состояния и свойств грунтов в массиве;

- **Полевые исследования грунтов.** Проводят для расчленения инженерно-геологического разреза, определения физических, деформационных и прочностных свойств грунтов в условиях естественного залегания, определения температуры грунтов; Полевые испытания следует осуществлять согласно ГОСТ 30672-2019 [39];

- **Лабораторные исследования грунтов и грунтовых вод.** Выполняют для определения классификационных характеристик; выявления степени однородности грунтов по площади и глубине; определения нормативных и расчетных значений физических и механических характеристик инженерно-геологических элементов; прогноза изменения состояния грунтов в процессе строительства и эксплуатации сооружений. Лабораторные исследования следует выполнять согласно ГОСТ 30416-2020 [38];

- **Камеральная обработка материалов и составление технического проекта.** Камеральную обработку следует осуществлять в процессе проведения полевых работ и после их завершения и выполнения лабораторных работ. Предварительную камеральную обработку проводят для обеспечения контроля за полнотой и качеством инженерно-геологических работ и, при необходимости, своевременной корректировки программы в зависимости от полученных промежуточных результатов.

В таблице 3.1 представлены виды и объемы работ.

Таблица 3.1 – Сводная таблица видов и объемов работ на инженерно-геологические изыскания

№	Вид работ	Единица измерения	Объем	Примечание
1	Топогеодезические работы	точка	5	СП-11-104-97 [52]
2	Инженерно-геологическая рекогносцировка	км	0,1	СП 446.1325800.2019 [60]

Продолжение таблицы 3.1

3	Проходка горных выработок (3 скважины глубиной 9 м):	скв./пог.м	3/27,0	РСН 74-88 [49]
4	Гамма-гамма метод (ГГМ)	точек/м	1/9	ГОСТ 23061-2012 [31]
5	Испытание натурной сваей	точка	2	ГОСТ 5686-2020 [42]
6	Метод замещения объема (метод лунки)	опр.	10	ГОСТ 28514-90 [36]
7	Термометрия	скв	3	ГОСТ 25358-2020 [32]
8	Опробование: - отбор образцов с ненарушенной структурой	монолит	40	ГОСТ 12071-2014 [23]
9	- отбор образцов с нарушенной структурой	образец	80	
10	Лабораторные работы	опр.		
11	определение природной влажности		70	ГОСТ 5180-2015 [41]
12	определение суммарной влажности мерзлого грунта		40	
13	определение влажности мерзлого грунта, расположенного между ледяными включениями		40	
14	определение влажности на границе текучести и раскатывания		90	
15	определение плотности скального грунта		10	
16	определение плотности мерзлого грунта		30	
17	определение плотности частиц грунта		110	
18	определение гранулометрического состава		100	ГОСТ 12536-2014 [24]
19	определение предела прочности на одноосное сжатие		6	ГОСТ 21153.2-84 [30]
20	определение коррозионной агрессивности грунтов по отношению к углеродистой и низколегированной стали		33	ГОСТ 9.602-2016 [43]
21	определение агрессивности грунтов к бетонам и к арматуре в бетонах		33	СП 28.13330.2017 [59]
22	определение степени засоленности легкорастворимыми солями		33	ГОСТ 26423-85 [34], ГОСТ 26424-85 [35]
23	определение степени пучинистости		48	ГОСТ 28622-2012 [37]
24	определение касательных сил морозного пучения		48	ГОСТ Р 56726-2015 [45]
25	определение теплоемкости		20	Калориметрический метод [7]
26	определение теплопроводности		20	ГОСТ 26263-84 [33]
27	определение химического анализа воды		3	СП 446.1325800.2019 [60] прил. М
28	Камеральные работы	отчет	1	

### **3.3 Методика проектируемых работ**

Объем работ определен в соответствии с СП 47.13330.2016 [61], СП 446.1325800.2019 [60] и СП 493.1325800.2020 [62].

#### **Буровые работы.**

Буровые работы выполняются проходкой скважин установкой типа УРБ-2М вращательным способом: колонковый без промывки раствором и продувки воздухом (всухую), диаметрами 151-132 мм в соответствии с СП 47.13330.2016 [61], СП 446.1325800.2019 [60] и СП 493. 1325800.2020 [62] с креплением скважин обсадными трубами, твердосплавным породоразрушающим инструментом (коронками типа М5-151, СМ4-132), с низкой частотой вращения, последовательными рейсовыми углублениями. При бурении обеспечивается непрерывный осмотр керна и его выкладывание в керновые ящики. По назначению, скважины относятся к техническим, т.к. основное их назначение заключается в отборе образцов грунта с нарушенным и ненарушенным (монолитов) сложением, для дальнейшего определения физико-механических свойств [5]. Геолого-технический наряд на бурение инженерно-геологической скважины представлен в приложении Д.

Количество и глубины скважин назначены по СП 493.1325800.2020 [62], согласно п.6.2.2.6: количество инженерно-геологических выработок в пределах контура сооружения нормального уровня ответственности должно быть не менее трех; п.6.2.2.7 «Если в пределах предполагаемой глубины скважины залегают скальные грунты, то инженерно-геологические выработки необходимо проходить на 1-2 м ниже подошвы фундамента при его заложении в скальный грунт.». Расстояния (шаг) между инженерно-геологическими скважинами следует устанавливать в соответствии с таблицей 6.2.1, т.к. категория сложности инженерно-геокриологических условий II (средняя), а уровень ответственности сооружения – нормальный, расстояние между скважинами не должно превышать 25 м.

Таким образом, проектируем 3 инженерно-геологические скважины глубиной 9,0 м, с шагом 14 м и согласно СП 493.1325800.2020 [62] п.6.2.2.5, скважины располагаем по оси проектируемого сооружения (две градирни, расположенные на плите) (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1. Схема расположения инженерно-геологических скважин  
**Инженерно-геологическое опробование.**

Инженерно-геологическое опробование проводится с целью получения классификационных показателей стратиграфо-генетических комплексов пород и определения физико-механических свойств грунтов. Согласно СП 446.1325800.2019 [60] п.7.2.24.5 число определений по каждому выделенному ИГЭ следует обеспечивать не менее десяти характеристик физических свойств грунтов и не менее шести характеристик механических свойств грунтов.

Интервал опробования представлен в таблице 3.2 при вскрытии ИГЭ тремя скважинами и при вскрытии ИГЭ одной скважиной.

Интервал опробования рассчитывался по формуле (2):

$$n = \frac{H_{\text{ср}}}{N} \cdot \text{количество скважин}, \quad (2)$$

где  $n$  – интервал опробования;

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

$N$  – необходимое количество образцов.

Таблица 3.2 – Интервалы опробования

ИГЭ	Кол-во образцов нарушенной структуры	Кол-во образцов ненарушенной структуры	Ср. мощность, м	Интервал опробования, м	
				При вскрытии ИГЭ тремя скважинами	При вскрытии ИГЭ одной скважиной
Талые					
1 (t <sub>n</sub> H)	10	-	2,5	0,8	0,3
5 (lgIIIvl)	10	-	1,9	0,6	0,2
6 (lgIIIvl)	10	-	1,1	0,3	0,1
11 (lgIIIvl)	10	-	1,7	0,5	0,2
13 (lgIIIvl)	10	-	1,6	0,5	0,2

## Продолжение таблицы 3.2

19 (lgQIII)	10	-	1,4	0,4	0,1
25 (lgQIII)	10	-	1,5	0,5	0,2
Мерзлые					
1 <sub>м</sub> (t <sub>n</sub> H)	10	-	1,6	0,5	0,2
16 (lgIIIvl)	-	10	1,3	0,4	0,1
17 (lgIIIvl)	-	10	1,6	0,5	0,2
24 (lgIIIvl)	-	10	0,9	0,3	0,1
Скальные					
15 (T1)	-	10	2,0	0,6	0,2
<b>Всего</b>	<b>80</b>	<b>40</b>			

При вскрытии водоносного горизонта указывается горизонт воды в скважинах и проводится отбор пробы воды на стандартный химический анализ. Объем пробы не менее 2-х литров.

**Инженерно-геофизические исследования:**

- Для определения плотности талых и мерзлых грунтов использовать радиоизотопный (ядерно-физический) метод – гамма-гамма метод (ГГМ), входящий в каротажный комплекс согласно ГОСТ 23061-2012 [31]. Плотность грунта измеряют радиоизотопным плотномером и определяют по зарегистрированной плотности потока гамма-излучения с помощью градуировочного графика.

**Полевые исследования грунтов:**

- Для определения несущей способности свай-стоек, оценки возможности погружения свай в грунты необходимо использовать испытание натуральных свай. Согласно ГОСТ 5686-2020 [42] п.4.5 расстояние от горных выработок до точки испытания натурной сваей не более 5 м и не менее 1 м.

Согласно СП 446.1325800.2019 [60] п.7.2.22.8 проводим два испытания натурными сваями.

- Для определения плотности приповерхностного залегания грунтов необходимо воспользоваться методом замещения объема (методом лунки) согласно ГОСТ 28514-90 [36]. 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. В месте, где будет проводиться определение плотности грунта, на выровненной поверхности уложенного и уплотненного слоя грунта отрывается лунка (шурф), объем и размеры которой зависят от крупности зерен и определяются согласно РД 34 15.073-91 [48] таблице 42.

- Определение температуры грунтов проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 25358-2020 [32], т.к. по предшествующим изысканиям встречены сезонно-мерзлые грунты. Измерение температуры грунтов следует проводить в термометрических скважинах, выстоянных и оборудованных термотрубой, термоизмерительным комплектом, состоящим из термометрической косы и цифрового электротермометра на каждом метре.

#### **Лабораторные исследования грунтов:**

- Определение природной влажности грунта, суммарной влажности мерзлого грунта, влажности мерзлого грунта, расположенного между ледяными включениями проводить методом высушивания до постоянной массы согласно ГОСТ 5180-2015 [41].

- Определение пределов пластичности проводят следующими методами согласно ГОСТ 5180-2015 [41]: верхний предел – влажность грунта на границе текучести – методом балансного конуса Васильева; нижний предел – влажность грунта на границе раскатывания – методом раскатывания.

- Определение гранулометрического (зернового) состава грунта проводить согласно ГОСТ 12536-2014 [24] ситовым и ареометрическим методами.

- Определение плотности скального грунта проводить методом взвешивания в воде согласно ГОСТ 5180-2015 [41].

- Определение плотности мерзлого грунта проводить методом взвешивания в нейтральной жидкости согласно ГОСТ 5180-2015 [41].

- Определение плотности частиц грунта проводить пикнометрическим методом согласно ГОСТ 5180-2015 [41].

- Определение предела прочности на одноосное сжатие проводить согласно ГОСТ 21153.2-84 [30] методом разрушения образцов-плиток плоскими соосными пуансонами.

- Определение коррозионной агрессивности грунтов по отношению к углеродистой и низколегированной стали проводить с помощью прибора ПИКАП-М согласно ГОСТ 9.602-2016 [43].

- Агрессивность грунтов к бетонам и к арматуре в бетонах определять согласно СП 28.13330.2017 [59], приложение В.

- Определение степени засоленности легкорастворимыми солями проводить согласно ГОСТ 26423-85 [34], определяя удельную электрическую проводимость, рН и плотный остаток водной вытяжки, а также согласно ГОСТ 26424-85 [35] определяя ионы карбоната и бикарбоната в водной вытяжке.

- Степень пучинистости следует определять по значению относительной деформации морозного пучения, 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 согласно ГОСТ 28622-2012 [37]. Определять для грунтов, залегающих с поверхности до глубины промерзания.

- Определение касательных сил морозного пучения проводить согласно ГОСТ Р 56726-2015 [45]. Определять для грунтов, залегающих с поверхности до глубины промерзания.

- Определение теплоемкости проводить методом калориметрирования в жидкостном калориметре для крупнообломочных грунтов согласно методике,

описанной в руководстве по определению физических, теплофизических и механических характеристик мерзлых грунтов [7].

- Определение теплопроводности для крупнообломочных грунтов проводить методом стационарного теплового режима согласно ГОСТ 26263-84 [33].

- Стандартный химический анализ воды должен включать в себя измерение водородного показателя среды (рН), ионов хлорида, сульфата, карбоната, бикарбоната, железа, аммония, нитрат- и нитрит-ионов, сухого остатка, общей жесткости, перманганатной окисляемости.

#### **Камеральные работы.**

Технический отчет об инженерно-геологических изысканиях должен содержать:

- пояснительную записку;
- сопутствующие текстовые приложения;
- графические приложения (карта фактического материала, инженерно-геологические разрезы и колонки).

При оформлении графического материала инженерно-геологических карт, разрезов, колонок условные обозначения элементов геоморфологии, гидрогеологии, тектоники, залегания слоев грунтов, обозначения видов грунтов и их литологических особенностей следует принимать согласно ГОСТ 21.302-2013 [29].

Текстовая часть технического отчета по инженерно-геологическим изысканиям должна включать разделы согласно СП 47.13330.2016 [61] п.4.39.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Целью выпускной квалификационной работы является изучение инженерно-геологических условий района Медного завода г. Норильска и проект инженерно-геологических изысканий для строительства блока градирен.

Целью данного раздела является оценка ресурсоэффективности разработки проекта инженерно-геологических изысканий для строительства блока градирен. Необходимо спланировать виды и объемы работ по проекту, представить календарный график выполнения работ, провести расчет стоимости инженерно-геологических изысканий по объекту.

### **4.1 Основные направления деятельности ООО «Смбаутсорспроект»**

Компания ООО «Смбаутсорспроект» ведет свою деятельность с 17 декабря 2019 года в г. Новосибирск, основана выпускницей Томского политехнического университета – Н.А. Зариповой, которая является директором организации. «Смбаутсорспроект» – это технический консалтинг в области инженерных изысканий. Компания занимается камеральной обработкой данных комплексных инженерных изысканий, а именно:

- Инженерно-геодезические изыскания,
- Инженерно-геологические изыскания,
- Инженерно-экологические изыскания,
- Инженерно-гидрометеорологические изыскания,
- Инженерно-гидрогеологические изыскания,
- Инженерно-геотехнические изыскания.

Постоянными клиентами компании являются ПАО «ГМК «Норильский никель» и АК «Алроса».

## 4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности разработки проекта

Для выявления сильных и слабых сторон проекта, а также для изучения внутренней и внешней среды проекта используется метод SWOT-анализа. SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы).

В ходе проведения SWOT-анализа проводится описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде. К сильным сторонам относят факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону проекта. К слабым сторонам относят недостатки, упущения или ограниченность проекта. Все аспекты сопоставляются, выявляется их взаимосвязь и составляется итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 4.1)

Таблица 4.1 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Высокая квалификация сотрудников.</p> <p>С2. Низкая стоимость по сравнению с конкурентными предложениями.</p> <p>С3. Комплексность (клиентоориентированность).</p> <p>С4. Большой опыт выполнения инженерно-геологических изысканий.</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Транспортная недоступность</p> <p>Сл2. Часто обновляющаяся нормативная документация в инженерных изысканиях.</p> <p>Сл3. Регулярное повышение квалификации сотрудников.</p> <p>Сл4. Необходимость использования дорогостоящего программного обеспечения.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Низкая конкуренция на рынке.</p> <p>В2. Круглосуточное проведение полевых работ (полярный день).</p> <p>В3. Привлечение молодых специалистов.</p> <p>В4. Спрос со стороны проектных и изыскательских организаций.</p>	<p>В1В2В3С1, В4С2, В3В4С3, В2В3В4С4.</p> <p>Высокая квалификация сотрудников будет привлекать молодых специалистов и спрос на рынке, а комплексность работ и круглосуточное проведение полевых работ способствует их скорейшему завершению.</p>	<p>В1В3В4Сл1, В3В4Сл3, В4Сл4.</p> <p>Повышение квалификации сотрудников, транспортная недоступность и использование дорогостоящего ПО может вызвать спрос на рынке</p>

#### Продолжение таблицы 4.1

Угрозы: У1. Ограниченность сроков. У2. Жесткие требования пропускного режима (полевые работы). У3. Климатические условия. У4. Повышение стоимости программного обеспечения.	У1У3У4С2. На повышение стоимости проекта могут влиять ограничения по срокам, неблагоприятные климатические условия, а также повышение стоимости ПО.	У1У2У3Сл1, У1Сл2, У4Сл3, У4Сл4. Требования пропускного режима, климатические условия и обновляющаяся нормативная документация может влиять на продолжительность работ.
---	--	---

Из данной таблицы можно сделать вывод, что преимуществами данного проекта можно назвать высокую квалификацию сотрудников, комплексность и большой опыт выполнения инженерно-геологических изысканий.

### 4.3 Виды и объемы проектируемых работ

Виды и объемы работ, указанные в таблице 4.2 определены в соответствии с СП 47.13330.2016 [61], СП 446.1325800.2019 [60] и СП 493.1325800.2020 [62].

Таблица 4.2 – Сводная таблица видов и объемов работ на инженерно-геологические изыскания

№	Вид работ	Единица измерения	Объем	Примечание
1	Топогеодезические работы	точка	5	СП-11-104-97 [52]
2	Инженерно-геологическая рекогносцировка	км	0,1	СП 446.1325800.2019 [60]
3	Проходка горных выработок (3 скважины глубиной 9 м):	скв./пог.м	3/27,0	РСН 74-88 [49]
4	Гамма-гамма метод (ГГМ)	точек/м	1/9	ГОСТ 23061-2012 [31]
5	Испытание натурной сваей	точка	2	ГОСТ 5686-2020 [42]
6	Метод замещения объема (метод лунки)	опр.	10	ГОСТ 28514-90 [36]
7	Термометрия	скв	3	ГОСТ 25358-2020 [32]
8	Опробование: - отбор образцов с ненарушенной структурой	монолит	40	ГОСТ 12071-2014 [23]
9	- отбор образцов с нарушенной структурой	образец	80	
10	Лабораторные работы	опр.		
11	определение природной влажности		70	ГОСТ 5180-2015 [41]

Продолжение таблицы 4.2

12	определение суммарной влажности мерзлого грунта		40	ГОСТ 5180-2015 [41]
13	определение влажности мерзлого грунта, расположенного между ледяными включениями		40	
14	определение влажности на границе текучести и раскатывания		90	
15	определение плотности скального грунта		10	
16	определение плотности мерзлого грунта		30	
17	определение плотности частиц грунта		110	
18	определение гранулометрического состава		100	ГОСТ 12536-2014 [24]
19	определение предела прочности на одноосное сжатие		6	ГОСТ 21153.2-84 [30]
20	определение коррозионной агрессивности грунтов по отношению к углеродистой и низколегированной стали		33	ГОСТ 9.602-2016 [43]
21	определение агрессивности грунтов к бетонам и к арматуре в бетонах		33	СП 28.13330.2017 [59]
22	определение степени засоленности легкорастворимыми солями		33	ГОСТ 26423-85 [34], ГОСТ 26424-85 [35]
23	определение степени пучинистости		48	ГОСТ 28622-2012 [37]
24	определение касательных сил морозного пучения		48	ГОСТ Р 56726-2015 [45]
25	определение теплоемкости		20	Калориметрический метод [7]
26	определение теплопроводности		20	ГОСТ 26263-84 [33]
27	определение химического анализа воды		3	СП 446.1325800.2019 [60] прил. М
28	Камеральные работы	отчет	1	

#### 4.4 Календарный план проведения работ

В таблице 4.3 представлен поэтапный календарный план проведения работ.

Таблица 4.3 – 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 30 июля 2022 г.
Лабораторные работы	1 июля 2022г. по 15 июля 2022г.
Камеральные работы	1 августа 2022 г. по 10 августа 2022 г.

Для изучения инженерно-геологических и гидрогеологических условий участка необходимо выполнить следующие виды работ:

- Инженерно-геологическая рекогносцировка. Осуществляется для оценки инженерно-геологических условий;

- Топографо-геодезические работы. Осуществляется для планово-высотной привязки горных выработок и опытных точек. Проектом предусмотрено выполнение привязки трех буровых скважин и двух опытных точек;

- Проходка горных выработок и инженерно-геологическое опробование. Необходимо провести проходку трех горных выработок и отобрать 80 образцов нарушенной структуры и 40 образцов ненарушенной структуры;

- Инженерно-геофизические исследования осуществляются для оценки состава, состояния и свойств грунтов в массиве. Выполняется для одной точки в скважине;

- Полевые исследования грунтов осуществляются для определения физических свойств грунтов в условиях естественного залегания, определения температуры грунтов. Проведение двух испытаний натурной сваей, 10 определений методом замещения объема и определение температуры в 3 проектных скважинах;

- Лабораторные исследования грунтов и грунтовых вод осуществляются для определения классификационных характеристик, выявления степени однородности грунтов по площади и глубине, определения нормативных и расчетных значений физических и механических характеристик инженерно-геологических элементов;

- Камеральная обработка и составление технического проекта.

В процессе производства полевых работ выполняются предварительную камеральную обработку материалов, после завершения полевых работ и выполнения лабораторных исследований – окончательную камеральную обработку материалов. Предварительную камеральную обработку материалов необходимо проводить для обеспечения контроля за полнотой и качеством

инженерно-геологических работ и, при необходимости, своевременной корректировки программы в зависимости от полученных промежуточных результатов [60].

В таблице 4.4 представлена диаграмма Ганта. Данная диаграмма отражает все этапы и виды работ, их общую продолжительность по периодам выполнения.

Таблица 4.4 – 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
Проектно-сметные	15					
Подготовительные	4					
Организационные	11					
Полевые	30					
Лабораторные	15					
Камеральные	10					

#### 4.5 Расчет сметной стоимости проектируемых работ

Стоимость инженерно-геологических работ определена по справочнику базовых цен (1999 г.) на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства [64] (цены приведены к базисному уровню на 01.01.1991 г.) и сборнику цен на изыскательские работы для капитального строительства. Раздел «Геофизические изыскания» [51], при этом введены следующие коэффициенты:

$K=56,40$  – инфляционный коэффициент к итогу сметной стоимости согласно письму Минстроя России от 29.04.2022 N 19281-ИФ/09 [9]. Период, на который установлены индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных, проектных и изыскательских работ II квартал 2022 года (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Расчет сметной стоимости инженерно-геологических изысканий

СМЕТА							
на выполнение инженерно-геологических изысканий							
Наименование объекта:		Блок градирен, Медный завод, г. Норильск					
№ п/п	Наименование видов работ	Обоснование стоимости	Единица измерения	Объем работ	Расчет стоимости		Стоимость
Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства, ГОССТРОЙ РФ, 1999г. [64]							
Раздел I. Полевые работы							
1	Инженерно-геологическая рекогносцировка при хорошей проходимости, II категории сложности	Таб. 9 §1	1 км маршрута	0.1	0.1	x 23.3 x 1.2	2.80
2	Колонковое бурение скважин диаметром до 160 мм, глубиной до 15 м в породах:	Таб.17 §1					
	IV категории		1 м	6.3	6.3	x 45.6	287.28
	V категории		1 м	6.3	6.3	x 47.9	301.77
	VI категории		1 м	8.4	8.4	x 55.2	463.68
	VII категории		1м	6	6	x 59.9	359.40
3	Крепление скважины при бурении диаметром до 160 мм, глубиной до 15 м		1 м	9.9	9.9	x 2.1	20.79
4	Гидрогеологические наблюдения при бурении скважины диаметром до 160 мм глубиной до 15 м (измерение уровня, обор проб воды на химический анализ)	Таб. 18 §1	1 м	27	27	x 1.6 x 0.6	25.92
5	Испытание грунтов статической вдавливающей нагрузкой на сваи	Таб. 51 §1	1 испытание	2	2	x 897 x 2.2	3946.80
6	Отбор монолитов глубиной до 10 м	Таб. 57 §1					
	из буровых скважин (связные грунты)		1 монолит	110	110	x 22.9	2519.00
	скальные породы		1 монолит	10	10	x 22.9 x 0.7	160.30
7	Плановая и высотная привязка II категории сложности при расстоянии между выработками или точками до 50 м	Таб. 93 §1	1 выработка (точка)	5	5	x 8.5	42.50
8	Гамма-гамма метод	Таб. 280 §8	1 м скважины	9	9	x 1.3	11.70
9	Наблюдения в скважинах за температурой пород с частотой 1 раз в месяц. Хорошие условия проходимости.	Таб.40 §3	1 точ./мес.	3	3	x 30.1	90.30
10	Метод замещения объема (метод лунки)		определений	10			договорная
11	Итого по разделу I						8232.24
12	Неблагоприятный период (8 месяцев)	Таб.2 §4			8232.236	x 1.4	11525.13
13	Территория со специальным режимом	п. 8 общ. ук.			8232.236	x 1.25	10290.30
14	Расходы по внутреннему транспорту	Таб.4 §1			30047.66	x 0.08	2253.57
15	Организация и ликвидация работ - 6%	п. 13 общ.ук., прим.к=2,5			30047.66	x 0.06 x 2.5	4507.15
<b>Всего по разделу I</b>							<b>36808.39</b>
Раздел II. Лабораторные работы							
16	Влажность:						
	глинистые грунты	Таб. 62 §1	1 образец	40	40	x 4	160.00
	песчаные грунты	Таб. 64 §1	1 образец	30	30	x 1.9	57.00
17	Суммарная влажность грунтов в мерзлом состоянии:						
	глинистые грунты	Таб. 62 §2	1 образец	30	30	x 7.1	213.00
	песчаные грунты	Таб. 64 §2	1 образец	10	10	x 4.8	48.00
18	Плотность:						
	мерзлых грунтов	Таб. 63 §2 за вычетом Таб. 62 §2	1 образец	30	30	x 5.7	171.00
	скальных грунтов	Таб. 67 §2	1 образец	10	10	x 6	60.00
19	Плотность частиц грунта	Таб. 62 §5	1 образец	110	110	x 7.2	792.00
20	Гранулометрический состав:						

Продолжение таблицы 4.5

	глинистые грунты	Таб. 62 §23	1 образец	40	40	x	17.6		704.00
	песчаные грунты	Таб. 64 §8	1 образец	60	60	x	9.1		546.00
	методом ареометра для песчаных грунтов	Таб. 64 §12	1 образец	60	60	x	7.1		426.00
21	Консистенция	Таб. 63 §3	1 образец	90	90	x	18.2		1638.00
22	Предел прочности при сжатии	Таб. 67 §9	1 образец	6	6	x	1.8		10.80
23	Относительная деформация морозного пучения		определений	48					договорная
24	Определение касательных сил морозного пучения		определений	48					договорная
25	Определение теплофизических характеристик (теплоемкость, теплопроводность)		определений	20					договорная
26	Приготовление водной вытяжки	Таб. 70 §83	1 образец	33	33	x	3.8		125.40
27	Водная вытяжка	Таб. 71 §1	1 образец	33	33	x	48.8		1610.40
28	Стандартный анализ воды	Таб.73 §2	1 проба	3	3	x	67.3		201.90
29	Коррозионная активность грунтов по отношению к стали	Таб. 75 §4	1 образец (проба)	33	33	x	18.2		600.60
<b>Всего по разделу II</b>									<b>7364.10</b>
<b>Раздел III. Камеральные работы</b>									
30	Камеральная обработка материалов буровых работ с гидрогеологическими наблюдениями II категории сложности ИГУ	Таб. 82 §2	1 м выработки	27	27	x	9.3		251.10
31	Камеральная обработка инженерно-геологической рекогносцировки II категории сложности	Таб. 9 §1	1 км маршрута	0.1	0.1	x	18.5	x 1.2	2.22
32	Камеральная обработка гамма-гамма метода	гл.16 камер. геофиз. раб.		11.70	11.7	x	0.3		3.51
33	Камеральная обработка полевого испытания грунтов статической нагрузкой на сваю	Таб. 83 §7	1 испытание	2	2	x	104		208.40
34	Камеральная обработка термометрических наблюдений	Таб. 85 §3	10 замеров	3	3	x	8		24.00
35	Камеральная обработка комплексных исследований и отдельных определений физико-механических свойств грунтов:								
	глинистых	Таб. 86 §1	%	3507.00	3507	x	0.2		701.40
	глинистых (мерзлые)	Таб. 86 §1	%	384.00	384	x	0.2	x 1.5	115.20
	песчаных	Таб. 86 §2	%	1029.00	1029	x	0.15		154.35
	песчаных (мерзлые)	Таб. 86 §2	%	48.00	48	x	0.15	x 1.5	10.80
	скальных	Таб. 86 §3	%	70.80	70.8	x	0.1		7.08
36	Камеральная обработка стандартного анализа воды	Таб. 86 §5	%	201.90	201.9	x	0.15		30.29
37	Камеральная обработка химического состава грунтов	Таб. 86 §4	%	1735.80	1735.8	x	0.12		208.30
38	Камеральная обработка определения коррозионной активности грунтов	Таб. 86 §8	%	600.60	600.6	x	0.15		90.09
39	Составление отчета, II кат. сложности	Таб. 87 §9	1 отчет	1806.73	1806.731	x	0.21	x 0.9	379.41
<b>Всего по разделу III</b>									<b>2186.14</b>
<b>Итого по смете</b>									<b>46358.63</b>
<b>Раздел IV. Сопутствующие расходы</b>									
<b>Накладные расходы</b>									<b>9271.73</b>
<b>Плановые накопления</b>									<b>5563.04</b>
<b>Итого по смете с инфляционным индексом 56.40</b>									<b>3451307.27</b>
<b>НДС 20%</b>									<b>690261.45</b>
<b>Итого сметная стоимость работ</b>									<b>4141568.72</b>
Составил:		Казакова К.И.							

Согласно сметному расчету, стоимость комплекса инженерно-геологических изысканий составит 4 141 568,72 рублей (четыре миллиона сто сорок одна тысяча пятьсот шестьдесят восемь рублей семьдесят две копейки) с учетом НДС.

## 5 Социальная ответственность

Целью выпускной квалификационной работы является изучение инженерно-геологических условий района Медного завода г. Норильска и проект инженерно-геологических изысканий для строительства блока градирен.

Район работ – расположен в Норильском промышленном районе, в северной части Красноярского края.

По физико-географическому положению территория изысканий расположена в пределах западинно-бугристой Хантайско-Рыбинской ложбины, входящей в состав Среднесибирского плоскогорья. Общий рельеф равнинный, местами нарушается небольшими возвышенностями, скальными грядами, платообразными поднятиями, покрытыми осыпями. Почти вся территория – тундра полярная, типичная, кустарничковая, на юге – узкая полоса лесотундры.

Климат описываемой территории континентальный, с продолжительной морозной зимой, очень часто сильные морозы отмечаются в сочетании с сильными ветрами. Характерной особенностью климата являются частые метели. Лето короткое, прохладное и пасмурное.

Участок района работ расположен в промышленной зоне, на территории Медного металлургического завода. Рельеф нарушен, спланирован. Выполнена инженерная подготовка территории посредством подсыпки или срезки грунта.

Для изучения инженерно-геологических и гидрогеологических условий участка необходимо выполнить следующие виды работ:

- полевые (инженерно-геологическая рекогносцировка; топографо-геодезические работы; проходка горных выработок и инженерно-геологическое опробование; инженерно-геофизические исследования; полевые исследования грунтов);
- лабораторные (лабораторные исследования грунтов и грунтовых вод);
- камеральные (камеральная обработка и составление технического проекта).

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

Трудовые права и свободы граждан, а также гарантии их соблюдения закреплены Трудовым кодексом Российской Федерации №197-ФЗ от 30.12.2001 [12]. Каждый гражданин, согласно конституции РФ [11], имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, на вознаграждение за труд без какой бы то ни было дискриминации и не ниже установленного федеральным законом минимального размера оплаты труда, а также право на защиту от безработицы.

К выполнению буровых работ допускаются лица, возраст которых соответствует установленному законодательством, прошедшие медицинский осмотр в установленном порядке. Каждый рабочий должен быть проинструктирован по безопасности труда. Работники в зависимости от условий работы и принятой технологии производства должны быть обеспечены соответствующими средствами индивидуальной и коллективной защиты. При возникновении несчастного случая пострадавший или очевидец немедленно должен сообщить непосредственному руководителю работ, который обязан организовать первую помощь пострадавшему и его доставку в медицинский пункт, а также сообщить о случившемся руководителю подразделения.

Рабочий несет ответственность за:

- 1) соблюдение правил внутреннего трудового распорядка;
- 2) выполнение требований инструкций (паспортов) заводо-изготовителей оборудования и инструкции по охране труда, правил пожаробезопасности и электробезопасности;
- 3) качественное выполнение работ;
- 4) сохранность закрепленного за ним оборудования и инструмента;
- 5) аварии, несчастные случаи и другие нарушения, причиной которых явились действия рабочего, нарушающего требования инструкций заводо-изготовителей оборудования и инструкции по охране труда.

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

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 [19] и ГОСТ 12.2.033-78 [20] конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

На этапе проведения лабораторных работ необходимо соблюдать технику безопасности согласно ПНД Ф 12.13.1-03 [46].

## 5.2 Производственная безопасность

Инженерно-геологические изыскания проводят в три этапа: полевой, лабораторный и камеральный.

В таблице 5.1 приведен перечень потенциально опасных и вредных факторов, характерных для работ на всех этапах проведения инженерно-геологических изысканий.

Таблица 5.1 – Потенциально опасные и вредные факторы на этапах работ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015 [11])	Этап работ			Нормативные документы
	Полевой	Лабораторный	Камеральный	
Опасные факторы				
1. Факторы, связанные с электрическим током	-	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 [17]
2. Жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы, воздействующие на работающего	+	-	-	
3. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования	+	-	-	ГОСТ 12.2.003-91 [18]

Продолжение таблицы 5.1

Вредные факторы				
4. Отклонения параметров микроклимата	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21 [50]
5. Недостаточная освещенность рабочей зоны	-	+	+	СанПиН 1.2.3685-21 [50]
6. Повышенный уровень шума	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 [15]
7. Нервно-психические нагрузки, связанные с напряженностью трудового процесса	-	-	+	ГОСТ 12.0.003-2015 [14]
8. Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса	+	-	-	Р 2.2.2006-05 [47]
9. Повышенный уровень электромагнитных полей	-	+	+	ГОСТ 12.1.006-84 [16]
10. Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека	-	+	-	СанПиН 1.2.3685-21 [50] Р 2.2.2006-05 [47]

### 5.2.1. Анализ потенциально опасных производственных факторов

#### *Факторы, связанные с электрическим током*

Источниками электрического тока являются ЭВМ и лабораторное оборудование. Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и заболеваний, включая профессиональные и производственно-обусловленные заболевания согласно ГОСТ 12.1.019-2017 [17].

Электрический ток может привести не только к травмам, но и к летальному исходу. Основной причиной смертельных случаев, связанных с поражением электрическим током – нарушение правил работы с электроприборами по ГОСТ 12.1.019-2017 [17].

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током необходимо контролировать состояние изолирующих оболочек токоведущих частей и проводов, а также систем защитного отключения оборудования.

*Жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы, воздействующие на работающего*

С повреждениями в результате контакта с животными и насекомыми можно столкнуться на полевом этапе проведения работ. Возбудителями инфекционных заболеваний могут быть грызуны, птицы, кровососущие членистоногие, дикие животные.

Наиболее распространенные заболевания:

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

К необходимым профилактическим мероприятиям относятся прививки, а также средства индивидуальной защиты.

*Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования*

Возникает на этапе полевых работ. Опасное воздействие на людей может проявиться в виде травм при погрузочно-разгрузочных работах кернащиков, колонковых труб и т.п., монтаже-демонтаже буровой установки. Прежде чем приступить к полевым работам, каждый сотрудник проходит инструктаж по технике безопасности. Основным документом, регламентирующим работу с производственным оборудованием, является ГОСТ 12.2.003-91 [18].

Согласно ГОСТ 12.2.062-81 [21] опасные зоны должны оборудоваться специальными ограждениями, а согласно ГОСТ 12.4.026-2015 [22] рядом

следует вывешивать инструкции и плакаты по технике безопасности, а также предупредительные надписи и знаки.

Во избежание травм следует использовать средства индивидуальной защиты – каски, перчатки, защитные очки.

### 5.2.2. Анализ потенциально вредных производственных факторов

#### *Отклонения параметров микроклимата*

К параметрам микроклимата относятся температура, относительная влажность и скорость движения воздуха, температура поверхностей, интенсивность теплового облучения (согласно СанПиН 1.2.3685-21 [50]). Отклонение данных параметров от оптимальных значений (таблица 5.2) возможно при работе ЭВМ и лабораторных приборов. Работающее оборудование выделяет тепло, из-за чего повышается температура воздуха в помещении и снижается уровень относительной влажности. Воздействие на организм человека заключается в изменении оптимального теплового и функционального состояния, приводящему к ощущению теплового дискомфорта и отклонениям в состоянии здоровья. Оптимальные же условия микроклимата обеспечивают высокий уровень работоспособности.

Таблица 5.2 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха,	Температура поверхностей,	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более, м/с
Холодный	Iб (140-174)	21,0-23,0	18,0-25,0	15-75	0,1-0,2
Теплый	Iб (140-174)	22,0-24,0	19,0-29,0	15-75	0,1-0,3

Для предотвращения отклонения параметров микроклимата в рабочем помещении от нормативных, необходимо регулярно проветривать помещение, проводить влажную уборку, а также использовать системы кондиционирования воздуха для поддержания оптимальной температуры воздуха.

### *Недостаточная освещенность рабочей зоны*

Возникает вследствие неправильного расположения или недостаточного количества источников освещения. Недостаточная освещенность является причиной повышенной утомляемости, ухудшения внимания, перенапряжения зрительных анализаторов, снижения общей эффективности работы. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление и раздражение глаз. Требования к освещению рабочей зоны регламентированы сводом правил СП 52.13330.2016 [63]. Согласно данному документу, для освещения помещений должны использоваться источники света с цветовой температурой от 2400 до 6500 К. Интенсивность ультрафиолетового излучения в диапазоне длин волн 320-400 нм не должна превышать 0,03 Вт /м<sup>2</sup>. Наличие в спектре излучения длин волн менее 320 нм не допускается. Не допускается применение для освещения ламп накаливания общего назначения мощностью 100 Вт и более.

Лабораторные и камеральные работы можно отнести к работам средней точности (наименьший размер объекта различения 0,5-1 мм). Для данных работ, в соответствии с [63] требуемая освещенность рабочей поверхности составляет 200 лк.

Для обеспечения необходимого уровня освещенности следует контролировать состояние искусственных источников освещения – своевременно менять отработанные лампы, протирать светильники и т.д. Также, необходимо следить за естественным освещением – своевременно мыть окна; при избыточном естественном освещении – использовать жалюзи.

### *Повышенный уровень шума*

На полевом этапе могут быть вызваны движением автотранспорта, работой предприятия и буровой установки. На камеральном и лабораторном этапах шум могут создавать системы охлаждения ЭВМ и лабораторных установок (ситовой метод определения гранулометрического состава, дробильная машина).

Повышенный уровень шума на рабочем месте оказывает негативное влияние на организм человека, а именно: повышает утомляемость, снижает концентрацию внимания, оказывает раздражающее воздействие, приводит к росту количества ошибок. При выполнении работы на ПК уровень шума в рабочем помещении не должен превышать 80 дБА. Меры по защите работников от воздействия шума изложены в ГОСТ 12.1.003-2014 [15].

Для борьбы с повышенным уровнем шума следует использовать средства индивидуальной защиты органов слуха – беруши и противозумные наушники.

*Нервно-психические перегрузки организма, работающего связанные с напряженностью трудового процесса*

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [14] подразделяются на: умственное перенапряжение, в том числе вызванное информационной нагрузкой; перенапряжение анализаторов, в том числе вызванное информационной нагрузкой; монотонность труда, вызывающая монотонию; эмоциональные перегрузки.

Нервно-психические перегрузки возникают из-за длительного сосредоточенного наблюдения, работы с большими массивами информации. Вследствие таких перегрузок у человека снижается уровень работоспособности, повышается утомляемость, ухудшается психологическое состояние.

Во избежание нервно-психических перегрузок необходимо делать перерывы в работе каждый час по 10-15 минут. Во время данных перерывов работникам рекомендуется выполнять простые физические упражнения, в том числе упражнения для глаз.

*Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса*

Тяжесть труда может стать причиной снижения работоспособности, а также профессионального заболевания. По тяжести труда различают несколько классов, характеристики которых приведены в Р 2.2.2006-05 [47].

Согласно табл. 17 Р 2.2.2006-05 [47], по большинству показателей тяжести трудового процесса класс условий труда является оптимальным. По

показателю 6 – допустимый класс. 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.

Для облегчения тяжелого физического труда необходимо использовать машины, обеспеченных системой управления, а также чередование режимов труда и отдыха, и производственную гимнастику.

#### *Повышенный уровень электромагнитных полей*

Электромагнитное поле при определённых уровнях может оказывать отрицательное воздействие на организм человека, а также неблагоприятно влиять на работу электрических приборов. Источником ЭМП при выполнении данной работы является монитор ПК.

Уровни ЭМП регламентируются согласно ГОСТ 12.1.006-84 [16] и на рабочих местах контролируются измерением в диапазоне частот 60 кГц - 300 МГц напряженности электрической и магнитной составляющих. Рекомендуется проводить измерения напряженности и плотности потока энергии ЭМП не реже одного раза в год. Максимальная напряженность электрической составляющей ЭМП достигается на кожухе дисплея, поэтому следует регулярно удалять пыль с поверхности монитора сухой тканью.

#### *Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека*

Выполнение лабораторных работ (химический анализ грунта и воды) сопровождается выделением в воздушную среду вредных веществ, химическое воздействие на организм работающего человека может оказывать отрицательное влияние, может вызвать отравление и химические ожоги.

Для обеспечения поддержания в воздухе безопасной концентрации вредных веществ, здания и помещения лаборатории должны быть устроены и оборудованы в соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилам. Основным документом, устанавливающим общие требования к содержанию вредных веществ, является Р 2.2.2006-05 [47].

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.

### **5.3 Экологическая безопасность**

При проведении инженерно-геологических изысканий для строительства блока градирен на полевом, лабораторном и камеральном этапах происходит негативное воздействие на окружающую среду. Основными документами, устанавливающими требования по экологической безопасности, являются ГОСТ 17.1.3.06.82 [26], ГОСТ 17.1.3.02.-77 [25], ГОСТ 17.4.3.04-85 [27].

Полевой этап: уничтожение и повреждение почвенно-растительного слоя, нарушение естественного залегания грунтов и их физико-механических свойств, загрязнение атмосферы выхлопными газами, загрязнение грунтовых вод отходами горюче-смазочных материалов III класса опасности.

Природоохранными мероприятиями будут служить рекультивация земель. Согласно СП 446.1325800.2019 [60] все пройденные инженерно-геологические выработки после окончания работ должны быть ликвидированы: шурфы, канавы, закопушки – обратной засыпкой грунтов с трамбованием; скважины – тампонажем глиной, цементно-песчаным раствором или выбуренным материалом в целях исключения загрязнения природной среды, и активизации геологических и инженерно-геологических процессов, а также соблюдения требований техники безопасности.

Лабораторный и камеральный этапы: образование отходов V класса опасности – практически неопасных для живых существ и природной среды. К таким отходам относятся: бумага офисная, картон, мусор из офисных помещений и др. Выдача паспортов на такие отходы не производится. Утилизация отходов V класса опасности происходит путем передачи их региональным операторам по обращению с отходами. Отходы, как правило, захораниваются на специализированных полигонах, но также могут быть переработаны и использованы повторно.

В ходе лабораторных работ будут образовываться в незначительных количествах бытовые сточные воды. Главным источником сточных вод является мойка оборудования и приспособлений для проведения испытаний. К таким приспособлениям относятся: бюксы, шпатели, балансирные конусы Васильева с цилиндрическими чашками, кольца-пробоотборники, ножи, мерные цилиндры, колбы и т.д. Сточные воды в данном случае будут загрязнены теми же веществами, которые находятся в пробах и образцах грунтов и грунтовых вод.

Согласно ГОСТ Р 55090-2012 [44] устанавливаются меры в области обращения с отходами бумаги и картона. Макулатура при использовании не выделяет вредных веществ, в воздушной среде и в присутствии других веществ не образует вредных соединений.

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

На лабораторном и камеральном этапах исследования наиболее вероятная причина возникновения ЧС – это пожар на рабочем месте. Федеральным законом от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ утвержден «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [65].

Согласно данному закону, помещения, здания и сооружения, в которых предусмотрена система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, оборудуются автоматическими установками пожарной сигнализации и

пожаротушения в соответствии с уровнем пожарной опасности помещений. Автоматические установки пожарной сигнализации, пожаротушения должны быть оборудованы источниками бесперебойного электропитания.

Согласно «Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности» [65] Статье 8, классифицируем пожары по виду горючего материала: класс А - пожары твердых горючих веществ и материалов, класс Е - пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением.

Также классифицируем помещение по пожароопасности согласно [65] Статье 18: класс П-Па - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

Возможными причинами пожара являются: нарушение требований техники безопасности при работе с электрооборудованием, неисправное состояние электрической проводки, сбой в работе электронно-вычислительной техники.

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

При возникновении пожара основными вредными и опасными факторами воздействия на здоровье и жизнь людей являются задымленность, высокие температуры и открытое горение.

В целях предотвращения распространения пожара применяются меры по ограничению площади, интенсивности и продолжительности горения.

В рабочем помещении обеспечены средства противопожарной защиты: план эвакуации людей при пожаре, системы вентиляции для отвода избыточной

теплоты от ЭВМ. Помещения оборудованы первичными средствами пожаротушения – углекислотными огнетушителями (ОУ), порошковыми огнетушителями (ОП). Также имеется памятка о соблюдении правил пожарной безопасности, установлена система автоматической противопожарной сигнализации. Лаборатория оснащена пожарными кранами.

**Вывод:** в ходе написания данного раздела были проанализированы основные опасные и вредные факторы, имеющие место при работах в рамках исследования. Была изучена нормативная документация по обеспечению безопасности работ. Также, были предложены мероприятия по снижению действия опасных и вредных производственных факторов.

В плане экологической безопасности с проведением исследования связаны следующие виды воздействия на окружающую среду: загрязнение грунтов и грунтовых вод отходами III класса опасности, уничтожение и повреждение почвенно-растительного слоя, нарушение естественного залегания грунтов, образование отходов V класса опасности, образование незначительного количества бытовых сточных вод при мойке оборудования. Наиболее вероятная причина ЧС на рабочем месте – возникновение пожара. Для ликвидации ЧС имеются первичные средства пожаротушения, а также регулярное проведение инструктажей по пожарной безопасности.

## 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 II принцип использования грунтов в качестве оснований.

В ходе проекта были составлены карта инженерно-геологических условий (приложение Б), расчетная схема основания сооружения (приложение В), геолого-технический наряд на бурение инженерно-геологической скважины (приложение Д) и определены виды и объемы работ, а также проведен теплотехнический прогноз поведения грунтов при эксплуатации блока градирен, который показывает тепловое влияние сооружения на грунты.

Сметная стоимость комплекса инженерно-геологических изысканий по проекту составила 4 141 568,72 рублей с учетом НДС.

## Список использованной литературы

### *Опубликованная литература*

1. Абрамов С.П. Рекомендации по производству инженерно-геологической разведки. М., Стройиздат, 1975.
2. Бондарик Г. К. Инженерно-геологические изыскания: учебник / Г.К. Бондарик, Л.А Ярг. – 3-е изд. – М.: КДУ, 2014. – 420 с
3. К СНиП П. 2.04. 02-84 Пособие по проектированию градирен. Дата введения 1985-03-20/ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР //Изд. официальное. –Москва: ЦИТП Госстроя СССР. – 1987.
4. Падерин П. Г., Деменюк А. Ф., Назаров Д. В., Чеканов В. И. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Норильская. Лист R-45 – Норильск. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016.
5. Ребрик Б.М. Справочник по бурению инженерно-геологических скважин. М., Недра, 1983.
6. Руководство по проектированию оснований и фундаментов на вечномёрзлых грунтах/НИИ оснований и подзем. сооружений им. Н.М. Герсеванова Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1980. – с.303.
7. Саркисян Р.М. Руководство по определению физических теплофизических и механических характеристик мерзлых грунтов. – М.: Изд-во ПНИИИС Госстроя СССР. – 1973.
8. Федотов А. А., Канибер В. В., Храпов П. В. Анализ и прогнозирование изменений температурного режима грунта в районе города Норильска //International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – Т. 8. – №. 10. – С. 51-65.

### *Электронные ресурсы*

9. Справочная информация: «Индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ, индексы изменения сметной стоимости

проектных и изыскательских работ для строительства» [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_39473/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_39473/) (дата обращения: 08.05.2022)

10. Noril'sk, Russia Travel Weather Averages (Weatherbase) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.weatherbase.com/weather/weather.php3?refer=&s=592273&cityname=Noril%27sk-Krasnoyarsk&refer=&cityname=Noril%27sk-Krasnoyarsk&set=metric> (дата обращения 11.04.2022)

*Нормативная документация*

11. «Конституция Российской Федерации» (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020).
12. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022).
13. ГОСТ 11108-70 Коронки твердосплавные для колонкового бурения пород средней твердости. Технические условия (с Изменениями N 1-4)
14. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Поправками)
15. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание)
16. ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (с Изменением N 1, с Поправкой)
17. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (с Поправкой)
18. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности

- 19.ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- 20.ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
- 21.ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Ограждения защитные (с Изменением N 1)
- 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)
- 23.ГОСТ 12071-2014 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов
- 24.ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава
- 25.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 (с Изменением N 1)
- 26.ГОСТ 17.1.3.06.82 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод
- 27.ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения
- 28.ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний
- 29.ГОСТ 21.302-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям (Переиздание)

- 30.ГОСТ 21153.2-84 Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии (с Изменениями N 1, 2,)
- 31.ГОСТ 23061-2012 Грунты. Методы радиоизотопных измерений плотности и влажности (Переиздание)
- 32.ГОСТ 25358-2020 Грунты. Метод полевого определения температуры
- 33.ГОСТ 26263-84 Грунты. Метод лабораторного определения теплопроводности мерзлых грунтов
- 34.ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки
- 35.ГОСТ 26424-85 Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке
- 36.ГОСТ 28514-90 (СТ СЭВ 6016-87) Строительная геотехника. Определение плотности грунтов методом замещения объем
- 37.ГОСТ 28622-2012 Грунты. Метод лабораторного определения степени пучинистости (Переиздание)
- 38.ГОСТ 30416-2020 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения
- 39.ГОСТ 30672-2019 Грунты. Полевые испытания. Общие положения
- 40.ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб
- 41.ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик
- 42.ГОСТ 5686-2020 Грунты. Методы полевых испытаний сваями (с Поправками)
- 43.ГОСТ 9.602-2016 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии (с Поправками)
- 44.ГОСТ Р 55090-2012 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги
- 45.ГОСТ Р 56726-2015 Грунты. Метод лабораторного определения удельной касательной силы морозного пучения (с Изменением N 1)

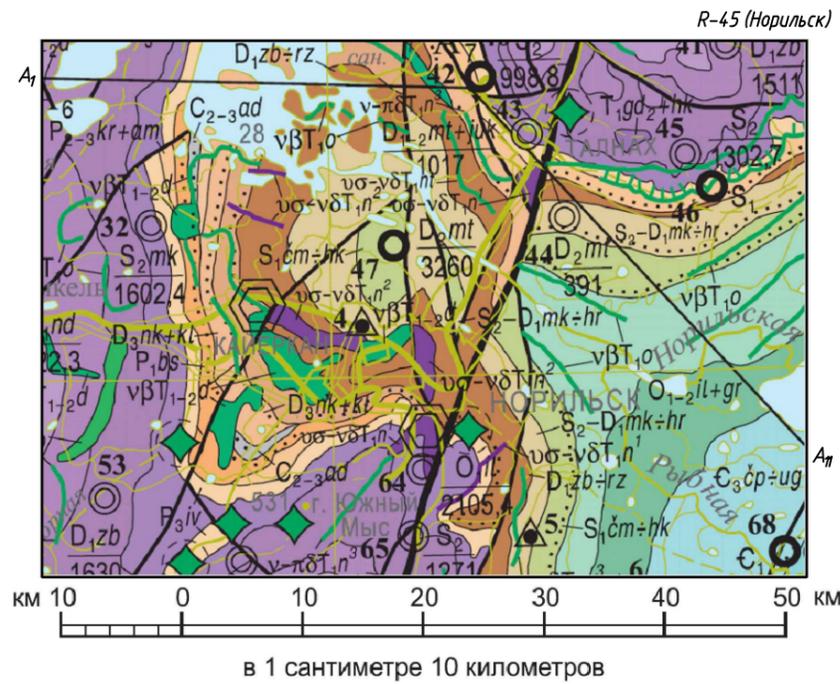
- 46.ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).
- 47.Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
- 48.РД 34 15.073-91 Руководство по геотехническому контролю за подготовкой оснований и возведением грунтовых сооружений в энергетическом строительстве.
- 49.РСН 74-88 Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству буровых и горнопроходческих работ
- 50.СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
- 51.Сборник цен на изыскательские работы для капитального строительства. Раздел «Геофизические изыскания». – М. 1982 г.
- 52.СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства
- 53.СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть IV. Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов
- 54.СП 115.13330.2016 Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95
- 55.СП 131.13330.2020 Строительная климатология СНиП 23-01-99\*
- 56.СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* (с Изменениями N 1, 2, 3, 4)
- 57.СП 24.13330.2021 СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты
- 58.СП 25.13330.2020 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах СНиП 2.02.04-88
- 59.СП 28.13330.2017 Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85 (с Изменениями N 1, 2, 3)

- 60.СП 446.1325800.2019 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ
- 61.СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 (с Изменением N 1)
- 62.СП 493.1325800.2020 Инженерные изыскания для строительства в районах распространения многолетнемерзлых грунтов. Общие требования
- 63.СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* (с Изменениями N 1, 2)
- 64.Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства/Госстрой России. – М. ПНИИИС Госстроя России, 1999 г.
- 65.Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ

*Фондовые материалы*

- 66.МЗ-КНК-ИГИ. Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий. Том 2. Книга 1. Текстовая часть. ООО «Сибгаутсорспроект», 2022 г.
- 67.Практическое пособие по Frost 3D. М., 2022.

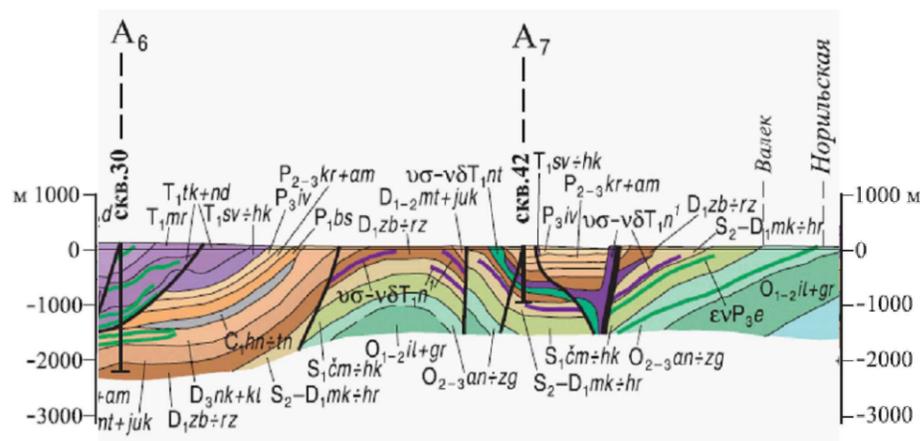
Фрагмент геологической карты дочетвертичных образований масштаба 1:1 000 000



Карта составлена в ФГУП "ВСЕГЕИ", 2015  
Авторы: П.Г. Падерин

в 1 сантиметре 10 километров

Фрагмент геологического разреза по линии A1-A11

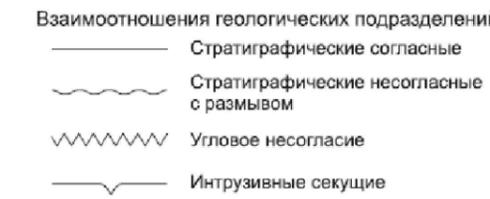


Масштабы: горизонтальный 1: 1 000 000  
вертикальный 1: 200 000

Условные обозначения

- T<sub>1mk</sub>** Мокулаевская свита. Базальты гломеропорфировые, афировые, пойкилоофитовые, редкие горизонты туфов, туффитов. В основании часто маркирующий горизонт гломеропорфировых базальтов. Фауна, растительные остатки (400–675 м)
- T<sub>1mr</sub>** Двурогинский горизонт. Моронговская свита. Базальты афировые пойкилоофитовые, реже порфировые, гломеропорфировые, туффиты, туфопесчаники, туфоалевролиты, линзы известняков, растительные остатки (685 м). Аянская свита (T<sub>1nl</sub>). Базальты афировые пойкилоофитовые, трахибазальты, анкармитовые базальты, туфы, туффиты, туфопесчаники, туфоалевролиты, растительные остатки (240–350 м)
- T<sub>1tk+nd</sub>** Туклонская и надеждинская свиты объединенные. Базальты пойкилоофитовые, оливинофировые порфировые, полифировые, гломеропорфировые, микчандиты, туфы, туффиты, туфопесчаники, туфоалевролиты. В верхней части – маркирующий горизонт гломеропорфировых базальтов. Растительные остатки (280–600 м)
- T<sub>1sv+hk</sub>** Сыверминская, гудчихинская и хаканчанская свиты объединенные. Базальты пойкилоофитовые, толеитовые и порфировые, пикробазальты оливинофировые, гломеропорфировые, туфы, туффиты, туфопесчаники, туфоалевролиты (100–500 м)
- T<sub>1gd<sub>2</sub>+hk</sub>** Верхнегудчихинская подсвита и хаканчанская свита объединенные. Базальты пойкилоофитовые и субщелочные, толеитовые, оливинофировые, гломеропорфировые, пойкилоофитовые, пикробазальты, туфы (460 м)
- P<sub>3iv</sub>** Гагарьеостровский горизонт. Ивакинская свита. Субщелочные базальты, трахибазальты, туфы, туффиты, угли каменные, песчаники, алевролиты (до 170 м)
- P<sub>2-3kr+am</sub>** Казанский–северодвинский ярус. Кайерканская и амбарнинская свиты объединенные. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты, туфопесчаники, туфоаргиллиты, пласты каменных углей. Пелециподы, растительные остатки (до 180 м)
- P<sub>1bs</sub>** Бургу克林ский горизонт. Быстринская свита. Алевролиты, песчаники, аргиллиты, конгломераты, прослои известняков, пласты каменных углей. Пелециподы, растительные остатки (170–325 м)
- C<sub>2-3ad</sub>** Адылканская свита. Алевролиты, аргиллиты, песчаники, базальные конгломераты, прослои гравелитов, единичные пласты каменных углей. Растительные остатки (до 135 м)
- D<sub>3nk+kl</sub>** Франкий ярус. Накохозкая и капаргонская свиты объединенные. Аргиллиты, мергели доломитовые пестроцветные, доломиты, прослои гипсов, ангидритов, каменных солей. Фораминиферы, брахиоподы, остракоды, гастроподы, пелециподы (110–740 м)
- D<sub>1-2mt+juk</sub>** Эмский, зйфельский и живетский ярусы. Мантуровская и юктинская свиты объединенные. Мергели доломитовые, аргиллиты, алевролиты, песчаники, доломиты, пласты каменных солей, прослои известняков, гипсов, ангидритов, желваки фосфоритов, известняки органогенные и глинистые. Рыбы, брахиоподы, остракоды (110–810 м)
- D<sub>1zb+rz</sub>** Лоховский–эмский ярус. Зубовская, курейская и разведочнинская свиты объединенные. Аргиллиты, мергели, доломиты, алевролиты, карбонатные брекчии, прослои известняков и песчаников, фосфоритов, ангидритов, гипсов, каменных солей, железо-марганцевые конкреции. Остракоды, зевриптериды, рыбы, рако-скорпионы, брахиоподы (120–520 м)
- S<sub>2-D<sub>1</sub>mk+hr</sub>** Пржидольский подотдел и лоховский ярус. Макусская, постническая, ямпахтинская, хребтовская свиты объединенные. Известняки, доломиты, мергели доломитовые, ангидриты, прослои карбонатных брекчий, аргиллитов, гипсов. Брахиоподы, остракоды (110–500 м)
- S<sub>1cm+hk</sub>** Лландоверийский и венлокский отделы. Чамбинская, таликитская, омнутахская и юктинская свиты объединенные. Аргиллиты, известняки органогенные с желваками кремней, мергели, граптолитовые аргиллиты, конкреции пирита. Граптолиты, брахиоподы, трилобиты, табуляты, мшанки (190–650 м)
- O<sub>2-3an+zg</sub>** Дарривильский–катийский ярус. Ангорская, амарканская и загорнинская свиты объединенные. Известняки органогенные, глинистые, прослои мергелей, аргиллитов, алевролитов, кварцевых песчаников, доломитов, гипсов и ангидритов, галька фосфоритов. Остракоды, брахиоподы, конодонты, трилобиты, кораллы (90–240 м)
- O<sub>1-2il+gr</sub>** Тремадокский и флоский ярус. Ильтыкская и гурагирская свиты объединенные. Известняки органогенные, доломиты глинистые, пестроцветные мергели, алевролиты, аргиллиты, известковистые песчаники, единичные прослои ангидритов, гипсов. Брахиоподы, трилобиты, гастроподы, остракоды, конодонты, граптолиты, моноплакофоры (600–1000 м)
- Є<sub>3cp+ug</sub>** Сакский–батырбайский ярус. Чопкинская, туколандинская и уйгурская свиты объединенные. Известняки глинистые, мергели, доломиты известковые, линзы конгломератов. Брахиоподы, трилобиты (500–1600 м)

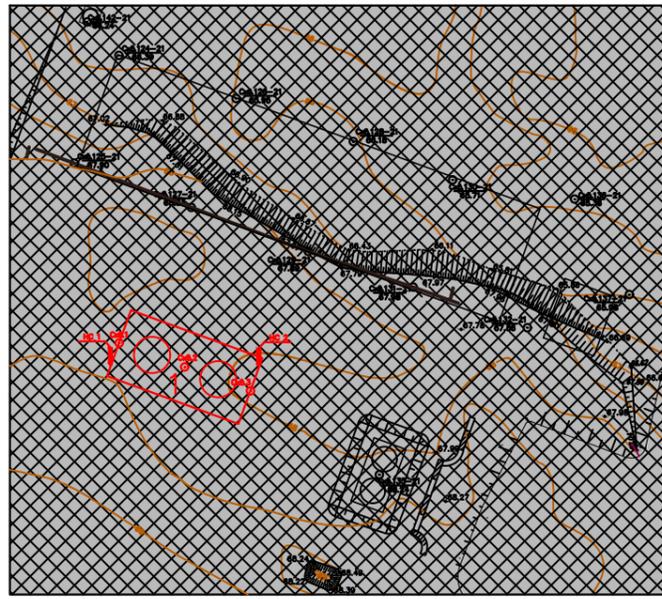
- vBT<sub>1-2d</sub>** Далдыканский комплекс. Пластовые тела и дайки сложного строения. Дolerиты, оливинсодержащие и оливиновые габбродолериты, габбропегматиты
- vBT<sub>1o</sub>** Оганерский комплекс. Пластовые тела, дайки сложной формы. Дolerиты и оливиновые габбродолериты
- vσ-vδT<sub>1n<sup>1</sup></sub>**, **vT<sub>1n<sup>2</sup></sub>**, **vσ-vδT<sub>1n<sup>3</sup></sub>**, **v-πδT<sub>1n<sup>3</sup></sub>** Норильский комплекс дифференцированных интрузивов. Хонолиты, лентовидные пластовые тела. Норильско-талнахский тип; перидотиты, габбродолериты, троктолиты, такситовые габбродолериты, лейкогаббро. Зубовский тип (vσ-vδT<sub>1n<sup>2</sup>) – перидотиты, троктолиты, кварцсодержащие долериты, габбродиориты; лентовидные пластовые тела (дайки) (vσ-vδT<sub>1n<sup>2</sup>); круглогорский тип лейкогаббро крупнопорфировые, габбродолериты оливинсодержащие; лентовидные пластовые тела (дайки)</sub></sub>
- vσ-vδT<sub>1nl</sub>**, **vσ-vδT<sub>1nl</sub>** Нижнеталнахский комплекс. Пластовые тела и хонолиты сложной морфологии. Габбродолериты оливиновые, перидотиты, троктолиты, лейкократовые габбродолериты и габбродиориты



МВОиН РФ	НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	2022 г
ИШПР	Специальность 21.05.02 – Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания	гр.2176
<b>Дипломный проект</b>		
ТЕМА	Инженерно-геологические условия района Медного завода г. Норильска и проект инженерно-геологических изысканий для строительства блока градирен	
СОДЕРЖ. ЛИСТА	Фрагмент геологической карты дочетвертичных образований участка района работ	
СТУДЕНТ	Казакова К.И.	105
РУКОВОДИТЕЛЬ	Строкова Л.А.	
РУКОВОДИТЕЛЬ ООП	Бракоренко Н.Н.	

Карта инженерно-геологических условий площадки изысканий

Масштаб 1:1000  
в 1 сантиметре 10 метров



Сплошные горизонтали проведены через 0,5 метра

Автор: Казакова К.И. 2022 г.

Условные обозначения

I. Стратиграфо-генетические комплексы

- Современны́е техногенные отложения
- Верхнечетвертичные озерно-ледниковые отложения
- Четвертичные породы (триасовые отложения)

II. Инженерно-геологические элементы

- Насынный грунт: щебенистый грунт с прослойками и линзами дресвяного, суглинка полутвердого, с супесчаным твердым, суглинистым полутвердым и песчаным влажным заполнителем до 30%. Грунт малой и средней степени водонасыщения, слабозасоленный
- Насынный грунт, мерзлый: щебенистый грунт с прослойками и линзами дресвяного, суглинка полутвердого, с супесчаным твердым, суглинистым полутвердым и песчаным влажным заполнителем до 30%. Грунт малой и средней степени водонасыщения.
- Суглинок легкий гравелистый, тугопластичной консистенции, с содержанием крупнообломочного материала до 40%
- Суглинок легкий гравелистый, твердый и полутвердый, с содержанием крупнообломочного материала до 33%, с прослойками супеси пластичной и твердой
- Супесь гравелистая от твердой до пластичной консистенции, с содержанием крупнообломочного материала до 40%
- Песок гравелистый, насыщенный водой, средней плотности, с включениями гальки и гравия до 35%
- Суглинок пластичномерзлый, массивной криотекстуры, слабодыстый,  $w < 0,20$  д.е., при оттаивании от полутвердой до текучей консистенции
- Песок мелкий, пластичномерзлый, льдистый,  $w < 0,60$  д.е., массивной криотекстуры, при оттаивании насыщенный водой
- Гравийный грунт с песчаным и супесчаным заполнителем до 40%, насыщенный водой, с включением гальки до 35%
- Гравийный грунт с суглинистым заполнителем, пластичномерзлый, корковой криотекстуры, нельдистый  $w < 0,03$  ( $w_{от} < 0,20$ ) д.е., при оттаивании влажный
- Супесь гравелистая, твердой консистенции. Содержание крупнообломочного материала до 35%
- Габбро-долерит слабокристаллический, слабопретищноватый, прочный, неразветвляемый

Проектные работы

- Контур проектируемого сооружения
- Проектная скважина
- Проектное испытание натурной сваей
- Проектная скважина с опробованием

Экспликация зданий и сооружений

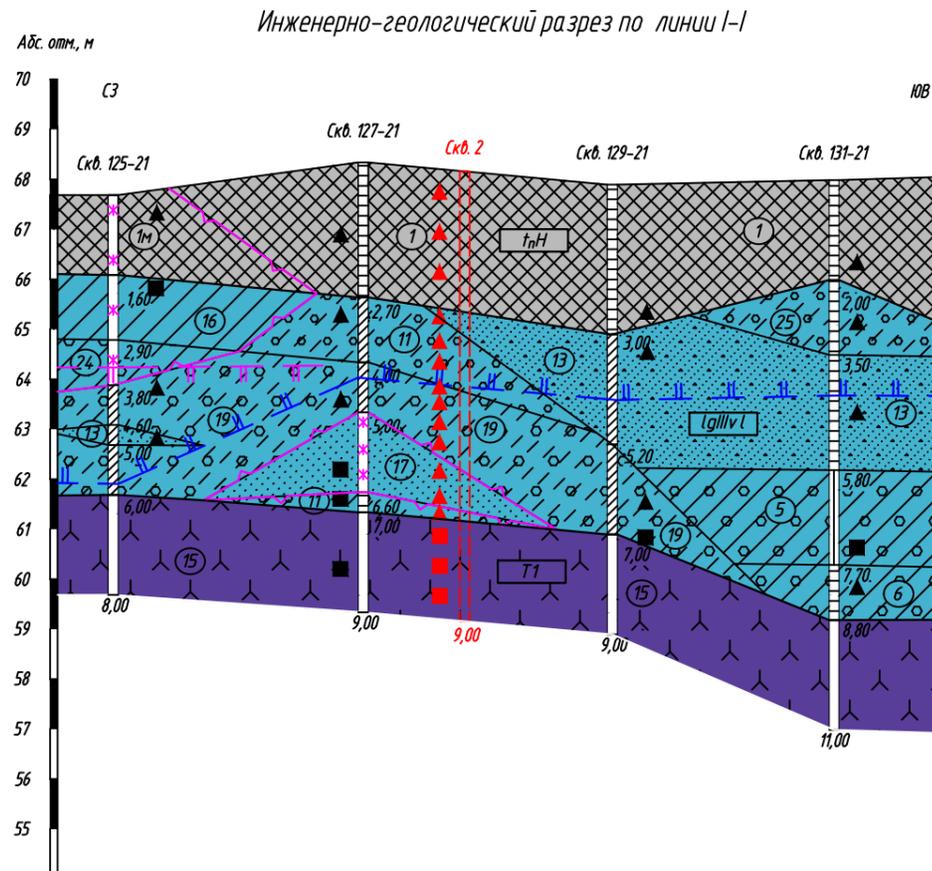
Номер на плане	Наименование
1	Блок градирен

III. Прочие обозначения

- Скважина, ее номер и глубина
- Граница инженерно-геологического элемента
- Стратиграфическая граница
- Фактическая граница сезонного оттаивания при дурении
- Нормативная глубина сезонного оттаивания, м
- Нормативная глубина сезонного промерзания, м
- Изолинии рельефа, м
- Скважина: в числителе – номер скважины, в знаменателе – абс. отм. устья, м
- Номер инженерно-геологического элемента
- Места отбора проб нарушенной структуры
- Места отбора проб ненарушенной структуры

IV. Условные графические обозначения показателя текучести и степени водонасыщения грунтов

- Показатель текучести для суглинков**
  - твердые и полутвердые
  - тугопластичные
- Показатель текучести для супесей**
  - твердые
  - пластичные
- Состояние песчаных и крупнообломочных грунтов**
  - малой степени водонасыщения
  - средней степени водонасыщения
  - грунт в мерзлом состоянии



МАСШТАБЫ:  
Горизонтальный 1:500  
Вертикальный 1:100  
Геологический 1:100

Номер выработки	Скв. 125-21	Скв. 127-21	Скв. 129-21	Скв. 131-21	
Абсолютная отметка устья выработки, м	67.90	68.33	67.89	67.98	
Расстояние, м	5.58	25.00	25.00	22.23	11.22

МБОУН РФ	НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	2022 г
ИШПР	Специальность 21.05.02 – Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания	гр.217В
<b>Дипломный проект</b>		
ТЕМА	Инженерно-геологические условия района Медного завода г. Норильска и проект инженерно-геологических изысканий для строительства блока градирен	
СОДЕРЖ. ЛИСТА	Карта ИГУ, инженерно-геологический разрез	
СТУДЕНТ	Казакова К.И.	106
РУКОВОДИТЕЛЬ	Строкова Л.А.	
РУКОВОДИТЕЛЬ ООП	Бракоренко Н.Н.	



Приложение Г. Теплотехнический прогноз поведения грунтов при эксплуатации блока градирен

Теплотехнический прогноз поведения грунтов в программном комплексе Frost 3D

Прогноз температурного режима грунтов показывает тепловое влияние сооружения на грунты, залегающие под плитой

Исходные данные

Температура, °С	
01.01.2021	-26.90
01.02.2021	-27.20
01.03.2021	-21.90
01.04.2021	-13.90
01.05.2021	-4.80
01.06.2021	7.00

Температура, °С	
01.07.2021	14.30
01.08.2021	11.40
01.09.2021	4.00
01.10.2021	-9.50
01.11.2021	-20.20
01.12.2021	-25.10

Номер скважин	125-21	127-21	129-21			
Положение скважин						
Абсолютная отметка устья, м	67.9	68.33	67.89			
X, м	0	25	50			
Y, м	25	25	25			
	ИГЭ	мощность, м	ИГЭ	мощность, м	ИГЭ	мощность, м
	1м	1.6	1	2.7	1	3
	16	1.3	11	1.3	13	2.2
	24	0.9	19	1	19	1.8
	19	0.8	17	1.6	15	2
	13	0.4	11	0.4		
	19	1	15	2		
	15	2				

ИГЭ	Т	ρd	W	С		λ	
				галый	мерзлый	галый	мерзлый
		г/см3	д.е.	Дж/(м3·°С)		Вт/(м·°С)	
1	использовать температурное распределение	1.83	0.125	2.30E+06	1.80E+06	2.12	2.53
11		1.73	0.151	2.57E+06	2.05E+06	1.60	1.75
13		1.66	0.157	2.34E+06	1.77E+06	1.99	2.35
19		1.83	0.134	2.36E+06	1.83E+06	2.17	2.61
15		2.87	0.004	2.20E+06		1.45	
1м		1.77	0.127	2.27E+06	1.82E+06	1.97	2.30
16		1.49	0.237	2.98E+06	2.35E+06	1.33	1.56
17		1.48	0.256	2.77E+06	1.91E+06	2.15	2.50
24		1.52	0.135	2.12E+06	1.79E+06	1.90	2.30

Коэффициент теплопроводности, Вт/м2*К	
01.01.2021	16.05
01.02.2021	14.30
01.03.2021	14.30
01.04.2021	13.96
01.05.2021	14.07
01.06.2021	14.65

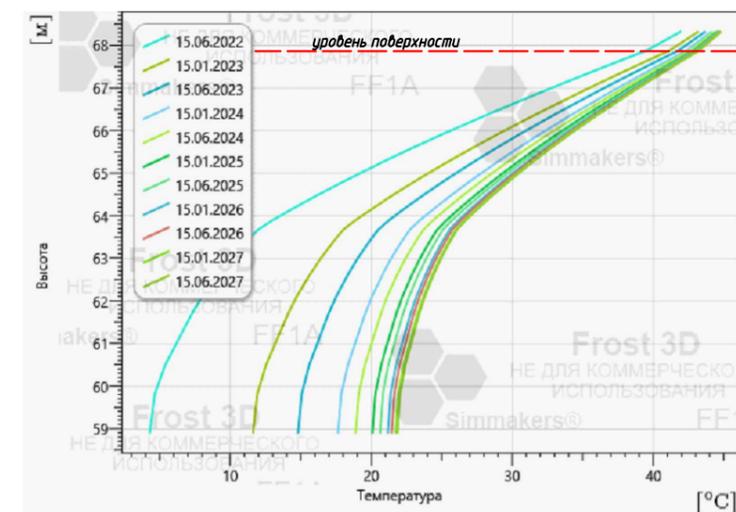
Коэффициент теплопроводности, Вт/м2*К	
01.07.2021	15.58
01.08.2021	16.28
01.09.2021	16.63
01.10.2021	15.58
01.11.2021	15.70
01.12.2021	14.77

Скважина 125-21		Скважина 127-21		Скважина 129-21	
Глубина, м	Температура, °С	Глубина, м	Температура, °С	Глубина, м	Температура, °С
0	-0.60	0	0.2	0	0.15
-1	-1.30	-1	0.30	-1	0.20
-2	-2.30	-2	0.25	-2	0.50
-3	-2.20	-3	1.95	-3	4.00
-4	0.05	-4	5.00	-4	4.60
-5	13.10	-5	-0.40	-5	5.10
-6	12.10	-6	-0.55	-6	5.20
-7	12.00	-7	2.00	-7	6.10
-8	11.20	-8	0.20	-8	6.00
		-9	0.00	-9	5.10

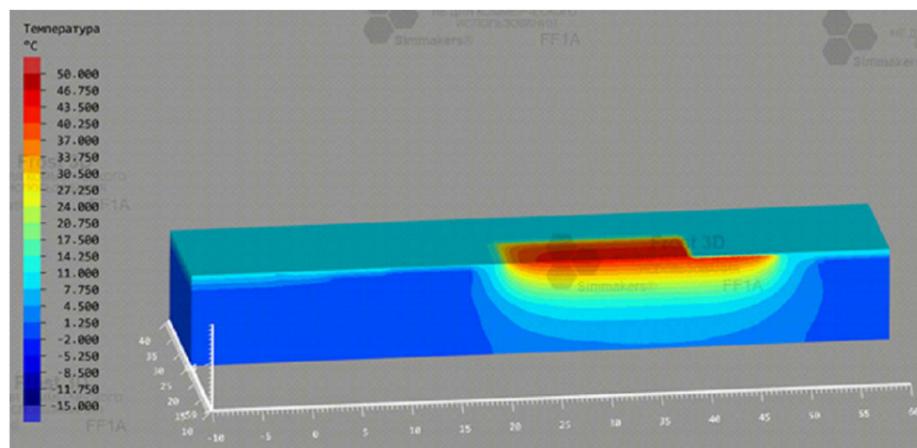
Высота снега, м	
01.01.2021	0.278
01.02.2021	0.35
01.03.2021	0.406
01.04.2021	0.455
01.05.2021	0.365
01.06.2021	0

Высота снега, м	
01.07.2021	0
01.08.2021	0
01.09.2021	0
01.10.2021	0.101
01.11.2021	0.244
01.12.2021	0.286

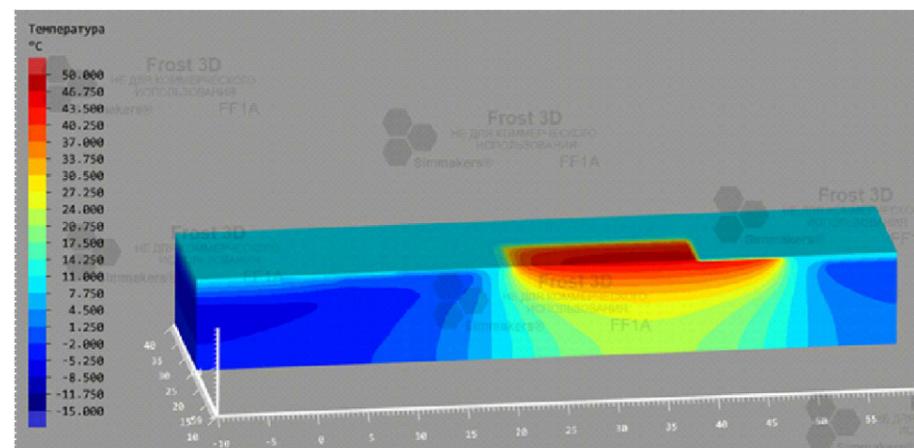
Температура бассейна 50°С  
 Характеристики материала, из которого выполнен бассейн (бетон):  
 -объемная теплоемкость 1,7\*10<sup>6</sup> Дж/(м<sup>3</sup>\*К)  
 -плотность 2,4 г/см<sup>3</sup>  
 - теплопроводность 1,35 Вт/(м\*К)



Распределение температур по глубине в центре плиты на прогнозируемый период



Прогноз температурного режима грунтов на начальный момент времени моделирования 15.06.2022 г.



Прогноз температурного режима грунтов на конечный момент времени моделирования 15.06.2027 г.

МВОиН РФ	НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	2022 г
ИШПР	Специальность 21.05.02 – Поиск и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания	гр.217б
<b>Дипломный проект</b>		
ТЕМА	Инженерно-геологические условия района Медного завода г.Нарильска и проект инженерно-геологических изысканий для строительства блока градирен	
СОДЕРЖ. ЛИСТА	Теплотехнический прогноз поведения грунтов при эксплуатации блока градирен	
СТУДЕНТ		Казакова К.И.
РУКОВОДИТЕЛЬ		Строкова Л.А.
РУКОВОДИТЕЛЬ ООП		Бракоренко Н.Н.
		<b>108</b>

## ГЕОЛОГО – ТЕХНИЧЕСКИЙ НАРЯД НА БУРЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО – ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ ГЛУБИНОЙ 9 М

Тип и группа скважины – IIб

Буровая установка – УРБ-2М

Привод – гидравлический

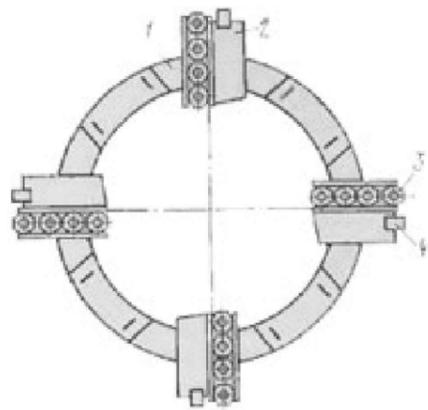
Способ бурения – колонковый, без применения промывочной жидкости

Способ отбора монолитов – колонковый

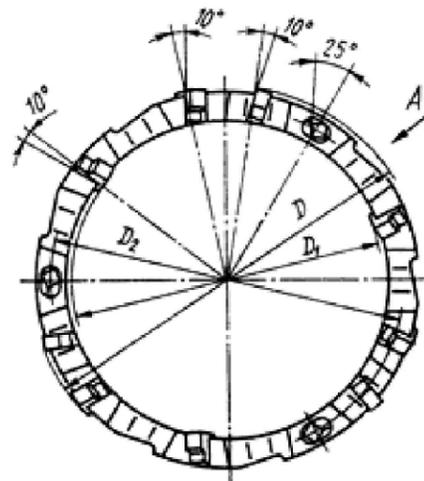
Тип ПРИ – коронки типа М5, СМ4

Линейный масштаб	Геологическая часть						Техническая часть					Примечание	
	Литологическая колонка	Характеристика пород	Интервал залегания			Категория пород	Возможные осложнения	Схема конструкции скважины	Диаметр (мм) и глубина бурения (м)	Диаметр (мм) и глубина обсадных труб (м)	Тип породоразрушающего инструмента		Технологические параметры бурения
			от, м	до, м	мощность слоя, м								
1		Насыщенный грунт: щебнистый грунт с прослойки и линзами известняков, сульфата полугидрата, с сульфатным ибидитом, сульфатным палладин и песчаным влажностью до 30%. Грунт малой и средней степени водонасыщенности, слабозасоленный	0,0	2,8	2,8	VI	Повышение температуры (растепление) грунта		$\frac{151}{0,0-3,3}$	$\frac{151}{0,0-3,3}$	коронка типа М5 d – 151 мм	Бурение в мерзлых грунтах производится с минимальной частотой вращения 20 об/мин Укороченные рейсы – 0,2...0,3 м Общая нагрузка на забой – 3...6 кН	Образцы мерзлого грунта необходимо отбирать при отрицательной температуре окружающего воздуха, в теплые фазы года – при условии их немедленной теплоизоляции и доставки в лабораторию с отрицательной температурой воздуха
2		Песок гравелистый, насыщенный водой, средней пластичности, с включением гальки и гравия до 25%	2,8	3,3	0,5	V							
3		Песок гравелистый от твердой до пластичной консистенции, с содержанием глинистоилучинного материала до 40%	3,3	4,4	1,1	IV							
4		Гравийный грунт с песчаным и супесчаным заложением до 40%, насыщенный водой, с включением гальки до 25%	4,4	6,0	1,6	V							
5		Песок нейкий, пластичнонежный, льдистый, 1/10т-0,01 д.е., массивной кристаллической, при оттаивании насыщенный водой	6,0	6,8	0,8	IV							
6		Песок гравелистый от твердой до пластичной консистенции, с содержанием глинистоилучинного материала до 40%	6,8	7,0	0,2	IV							
7		Габбро-диорит слабоветрелый, слабокристаллический, прочный, неразмучиваемый	7,0	9,0	2,0	VII							

Коронка твердосплавная тип М5



Коронка твердосплавная тип СМ4



МБОУН РФ	НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	2022 г
ИШПР	Специальность 21.05.02 – Поиск и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания	гр.217б
<b>Дипломный проект</b>		
ТЕМА	Инженерно-геологические условия района Медного завода г. Норильска и проект инженерно-геологических изысканий для строительства блока градирен	
СОДЕРЖ. ЛИСТА	Геолого – технический наряд на бурение инженерно-геологической скважины глубиной 9 м	
СТУДЕНТ	Казакова К.И.	109
РУКОВОДИТЕЛЬ	Строкова Л.А.	
РУКОВОДИТЕЛЬ ООП	Бракоренко Н.Н.	
КОНСУЛЬТАНТ	Бер А.А.	