

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 21.05.03 Технология геологической разведки  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение Нефтегазового Дела

### ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
<b>Технология и техника сооружения скважин при проведении разведочных работ на золоторудном месторождении Сухой лог (Иркутская область)</b>

УДК 622.143:553.411(571.53)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
226Б	Чебочаков Сергей Анатольевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Ковалев А. В.	к. т. н.		

Консультант

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

#### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Дукарт С.А.	к. и. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

#### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Ростовцев В. В.	к. г. - м. н.		

Томск – 2021 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Разрабатывать технологические процессы на всех стадиях геологической разведки и разработки месторождений полезных ископаемых, внедрять и эксплуатировать высокотехнологическое оборудование
P2	Ответственно использовать инновационные методы, средства, технологии в практической деятельности, следуя принципам эффективности и безопасности технологических процессов в глобальном, экономическом, экологическом и социальном контексте
P3	Применять знания, современные методы и программные средства проектирования для составления проектной и рабочей документации на проведение геологической разведки и осуществления этих проектов
P4	Определять, систематизировать и получать необходимые данные с использованием современных методов, средств, технологий в инженерной практике
P5	Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов на основе современных методов моделирования и компьютерных технологий
P6	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой для решения профессиональных инновационных задач в соответствии с требованиями корпоративной культуры предприятия и толерантности Проводить маркетинговые исследования и разрабатывать предложения по повышению эффективности использования производственных и природных ресурсов с учетом современных принципов производственного менеджмента, осуществлять контроль технологических процессов геологической разведки и разработки месторождений полезных ископаемых
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Идентифицировать, формулировать, решать и оформлять профессиональные инженерные задачи с использованием современных образовательных и информационных технологий
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной 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  
 Направление подготовки (специальность) 21.05.03 Технология геологической разведки  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение Нефтегазового Дела

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Ростовцев В. В.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

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

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
226Б	Чебочакову Сергею Анатольевичу

Тема работы:

<b>Технология и техника сооружения скважин при проведении разведочных работ на золоторудном месторождении Сухой лог (Иркутская область)</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№76–63/с от 17.03.2021 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2021
--	------------

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	Объект исследования: золоторудное месторождение Сухой лог (Иркутская область)
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Технология и техника проведения буровых работ 2. Вспомогательные и подсобные цеха 3. Анализ критериев оптимизации параметров бурения
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Обзорная геологическая карта района работ 2. Геологический разрез 3. Геолого-технический наряд 4. Схема расположения бурового оборудования 5. Сравнительный анализ технологий бурения в многолетнемерзлых породах 6. Основные технико-экономические показатели
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Гуляев М. В., старший преподаватель
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Дукарт С. А., доцент, к.и.н.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Реферат	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

**Задание выдал руководитель/консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Ковалев А. В.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
226Б	Чебочаков Сергей Анатольевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
226Б	Чебоचाков Сергей Анатольевич

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	21.05.03 «Технология геологической разведки»

Тема ВКР:

Технология и техника сооружения скважин при проведении разведочных работ на золоторудном месторождении Сухой лог (Иркутская область)	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является технический проект на сооружение при проведении разведочных работ на золоторудном месторождении Сухой лог (Иркутская область)
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Специальные правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>
<b>2. Производственная безопасность:</b>	<p>Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды.</p> <p>Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте;</li> <li>– Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– Поражение электрическим током</li> <li>– Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования</li> <li>– Повышенная загазованность и запыленность</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<p>Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); гидросферу (сбросы); литосферу (отходы):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Решение по обеспечению экологической безопасности.</li> <li>– Нарушение поверхности стока;</li> <li>– Нарушение почвенно-растительного покрова;</li> <li>– Разлив горюче-смазочных материалов, грунтовых, смол и других материалов;</li> <li>– Захламление территории отходами производства</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
226Б	Чебочаков Сергей Анатольевич		

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

Студент:

Группа 226Б	ФИО Чебоचाков Сергей Анатольевич
----------------	-------------------------------------

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	ОНД
<b>Уровень образования</b>	Специалитет	<b>Направление/специальность</b>	21.05.03 «Технология геологической разведки»/горный инженер буровик

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Рассчитать сметную стоимость проектируемых геологоразведочных работ.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Нормы расхода материалов, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе проведения геологоразведочных работ согласно справочников Единых норм времени (ЕНВ) и др.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Ставка налога на прибыль 20 %; Социальные отчисления 30%; Налог на добавленную стоимость 20%
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<i>4. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	Свод видов и объемов геологоразведочных работ.
<i>5. Планирование и формирование бюджета научных исследований (НИ)</i>	Расчет трудоемкости работ и сметной стоимости проектируемых работ
<i>6. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Сформировать календарный план выполнения работ.

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Дукарт С.А.	к.и.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
226Б	Чебоचाков Сергей Анатольевич		

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа содержит 119 страниц, 24 таблицы, 15 рисунков, 16 источников.

Перечень ключевых слов: Christensen СТ20, золоторудное месторождение Сухой лог, ССК.

Разведочные работы проводятся на золоторудном месторождении Сухой лог, в пределах Бодайбинского района Иркутской области.

Цель работы: составление проекта на бурение разведочных скважин, организация планирования проведения работ, подсчет стоимости.

В результате проектирования: произведен выбор бурового и вспомогательного оборудования, удовлетворяющий всем требованиям; произведен анализ всех вредных и опасных факторов при геологоразведочных работах в пределах данного объекта; выполнены сметно-финансовые расчеты.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: в проекте приведены технические характеристики буровой установки и её составляющих; представлено полное описание буровой установки; дан состав и характеристики используемого технологического инструмента.

Значимость работы: проведение разведочных работ на месторождении «Сухой лог» позволит оконтурить рудные залежи, провести подсчет запасов золота и создать технико-экономическое обоснование для ввода месторождения в разработку.

## **Abstract**

The final qualification work contains 119 pages, 24 tables, 15 figures, 16 sources.

**Keywords:** Christensen CT20, Sukhoi Log gold deposit, SSK.

Exploration work is being carried out at the Sukhoi Log gold deposit, within the Bodaibinsky district of the Irkutsk Region.

The purpose of the work: drawing up a project for drilling exploration wells, organizing the planning of work, calculating the cost.

As a result of the design: the selection of drilling and auxiliary equipment that meets all the requirements was made; the analysis of all harmful and dangerous factors during geological exploration in the vicinity of this object was made; the estimated and financial calculations were made.

The main design, technological and technical-operational characteristics: the project contains the technical characteristics of the drilling rig and its components; a full description of the drilling rig is provided; the composition and characteristics of the technological tool used are given.

Significance of the work: conducting exploration work at the Sukhoi Log field will allow you to delineate ore deposits, calculate the reserves of the gold lot and create a feasibility study for putting the field into development.

## **Обозначения и сокращения**

- ПРИ – породоразрушающий инструмент;
- ГП – горная порода;
- ССК – снаряд со съёмной керноприёмной;
- БТ – бурильные трубы;
- НБ – насос буровой;
- ДЭС – дизельная электростанция;
- ГИС геофизические исследования;
- ЧС – чрезвычайная ситуация;
- НДС налог на добавленную стоимость;
- КС – каротаж сопротивления;
- ПЖ – промывочная жидкость;

## Оглавление

Реферат .....	8
Abstract .....	9
Обозначения и сокращения.....	10
Оглавление .....	11
Введение.....	14
<b>1. Геолого-методическая часть.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Географо-экономические условия проведения работ .....</b>	<b>15</b>
1.1.1. Административное положение объекта работ .....	15
1.1.2. Геоморфология и рельеф .....	15
1.1.3. Климат .....	16
1.1.4. Почвы и растительность .....	18
1.1.5. Гидрогеологические условия.....	19
1.1.6. Экономическая характеристика района работ.....	20
<b>1.2. Геологическая характеристика объекта геологоразведочных работ .....</b>	<b>20</b>
1.2.1. Литологическая характеристика района работ .....	20
1.2.2. Структура.....	24
1.2.3. Наложенная: минерализация.....	26
1.2.4. Гидрогеологические условия и перспективы водоснабжения.....	27
<b>1.3. Методика проведения проектируемых геологоразведочных работ .....</b>	<b>31</b>
1.3.1. Геологические задачи и методы их решения.....	32
1.3.2. Перечень проектируемых геологоразведочных видов работ.....	32
<b>1.4. Методика и условия проведения буровых разведочных работ.....</b>	<b>33</b>
1.4.1. Методика проведения буровых работ .....	33
1.4.2. Геолого-технические условия бурения скважин. ....	34
1.5. Задачи, методы, объемы геофизических работ.....	34
<b>2. Технология и техника проведения буровых работ .....</b>	<b>35</b>
2.1. Выбор способа бурения и способа удаления продуктов разрушения пород при бурении..	35
2.2. Разработка типовых конструкций скважин.....	37
2.2.1. Определение конечного диаметра скважин .....	39
2.2.2. Построение профиля скважин .....	42
2.2.3. Разработка конструкций скважины .....	43
2.4. Выбор буровой установки.....	44
2.4.1. Буровой насос.....	47
2.4.2. Буровая мачта. Буровое здание.....	48
2.4.3. Выбор бурильных труб.....	51

2.5. Выбор технологического бурового инструмента и расчет технологических режимных параметров бурения.....	52
2.5.1. Выбор технологического оборудования.....	52
2.5.2. Технологические режимные параметры бурения.....	52
2.5.3. Промывочная жидкость .....	55
2.6. Проверочные расчеты бурового оборудования .....	56
2.6.1. Проверочные расчеты мощности буровой установки .....	56
2.6.2. Определение затрат мощности для привода силовой кинематики станка .....	57
2.6.3. Определение затрат мощности на вращение колонны бурильных труб.....	57
2.6.4. Определение затрат мощности на работу породоразрушающего инструмента .....	59
2.6.5. Определение запаса прочности бурильных труб в любом сечении сжатой части колонны.....	59
2.6.6. Определение запаса прочности бурильных труб в любом сечении растянутой части колонны.....	64
2.6.7. Определение запаса прочности бурильных труб в нулевом сечении.....	66
2.6.8. Проверочный расчет мощности привода бурового насоса .....	68
2.7. Разработка мероприятий по предупреждению аварий при бурении скважин .....	69
2.8. Использование буровой контрольно-измерительной аппаратуры.....	74
2.9. Источник энергии.....	74
2.10. Монтаж и демонтаж бурового оборудования.....	75
2.11. Ликвидация скважины.....	76
3. Социальная ответственность.....	77
3.1. Введение.....	77
3.2. Правовые вопросы обеспечения безопасности.....	77
3.2.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	77
3.2.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	78
3.3. Производственная безопасность .....	78
3.4. Экологическая безопасность.....	86
3.4.1. Гидрогеологические работы .....	86
3.4.2. Земля, почва .....	87
3.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	88
3.6. Заключение по разделу.....	90
4. Вспомогательные и подсобные цеха.....	91
4.1. Организация ремонтной службы.....	91
4.2. Организация энергоснабжения .....	91
4.3. Организация водоснабжения и приготовления буровых растворов.....	91
4.4. Транспортный цех.....	92
4.5. Диспетчерская служба.....	92

<b>5. Специальная часть: обзор технических и технологических решений повышения эффективности сооружения скважины в многолетнемерзлых породах.....</b>	<b>94</b>
<b>5.1. Технология бурения многолетнемерзлых пород с жидкостной промывкой .....</b>	<b>95</b>
5.1.1 Бурение в устойчивых скальных породах.....	95
5.1.2 Бурение в неустойчивых горных породах.....	95
5.2 Бурение скважин в мерзлых породах с продувкой охлажденным воздухом .....	97
5.3 Бурение с промывкой азрированными жидкостями(пены) .....	102
5.4 Сравнительный анализ технологий бурения с пеной, воздухом и промывочной жидкостью.....	103
<b>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....</b>	<b>104</b>
6.1. Организационно-экономическая характеристика бурового предприятия .....	104
6.2. Техничко-экономическое обоснование выполнения проектируемых работ.....	105
6.2.1. Таблица видов и объемов проектируемых работ.....	105
6.2.2. Расчет затрат времени, труда по видам работ .....	105
6.2.3. Расчет производительности труда обоснование количества бригад, расчет продолжительности выполнения проектируемых работ .....	109
6.2.4. Материалы, основные фонды на буровые работы.....	110
6.3. Организация, планирование и управление буровыми работами.....	111
6.3.1. Календарный план.....	111
6.3.2. Режимы работы участков и численность производственного цикла.....	111
6.3.3. Финансовый план.....	112
6.4. Стоимость одного метра пробуренной скважины .....	112
6.5. Заключение по разделу .....	116

## **Введение**

Проектом предусматривается бурение 24 разведочных скважин на золоторудном месторождении Сухой лог (Иркутская область). Колонковое бурение будет проводиться с целью прослеживания и оценки рудной зоны, изучение морфологии, уточнение геологической структуры рудопроявления, получение данных о параметрах оруденения. В проектных материалах указаны способы бурения, определена конструкция скважин, их глубина, диаметры породоразрушающего инструмента (ПРИ).

Предлагаемые в проекте способ бурения и конструкция скважин позволят:

- обеспечить необходимый процент выхода керна;
- изучить литолого-геологический разрез скважин;
- произвести отбор ориентированного керна для проведения качественного и количественного анализа на золото;
- обеспечить проведение геофизических исследований в скважинах.

Работы будут выполняться силами организации ООО «СЛ Золото» расположенной в Красноярском крае, г. Красноярск.

## **1. Геолого-методическая часть**

### **1.1. Географо-экономические условия проведения работ**

#### **1.1.1. Административное положение объекта работ**

Месторождение находится в центральной части Ленского золоторудного района (ЛЗР), в пределах Бодайбинского района Иркутской области. Участок проведения работ относится к территории Кропоткинской поселковой администрации, находясь в 12 км к северо-западу от пос. Кропоткин. Последний связан с районным центром г. Бодайбо грунтовой дорогой 4 категории 130 км.

#### **1.1.2. Геоморфология и рельеф**

В геоморфологическом отношении район работ находится в центральной части Патомского нагорья, занимая участки междуречья левобережных притоков р. Ваца рек Угахан и Ныгри и их долин. Максимальные высоты нагорья достигают 2 000 м.

Для района работ характерен среднегорный рельеф с высотами водоразделов 500–1400 м и с достаточно густой эрозионной сетью, созданной деятельностью постоянных и временных потоков, а также ледников. В рельефе это выражено развитием эрозионно-аккумулятивных форм рельефа террасированных долин, распадков (падей) и ледниковых долин с боковыми и концевыми моренами, заканчивающиеся конусами выноса. Водоразделы, как правило, плосковершинные с развитием эрозионно-денудационных форм рельефа при уклонах поверхности до 25–30°, нередко заканчивающиеся скальными обрывами в бортах речных долин. Подножия склонов и прилегающие участки долин скрыты мощными делювиальными шлейфами. Имеют распространение гольцы и ледники.

Территория месторождения занимает выположенное водораздельное пространство относящееся к гольцовой зоне. Максимальная отметка Сухоложского гольца 1171,8 м относительно балтийского футштока. Абсолютные отметки в долинах рек Угахан и Ныгри изменяются от 850 до 600 м, понижаясь вниз по течению. Относительные превышения поверхности 320–570 м.

На участках предыдущей золотодобычи рельеф претерпел существенные техногенные изменения. В долинах рек и ручьёв в результате промывки и

переотложения аллювиальных и подстилающих их делювиальных и ледниковых отложений изменены русла и нивелированы террасы. В долине р. Угахан сформировано хвостохранилище, представляющее собой обширное поле техногенных отложений неизвестной мощности. На водоразделе расположены остановленный разработкой карьер, площадки обогащения руды, складирования пород и т. д. Участки инфраструктурной застройки подвергались инженерной планировке.

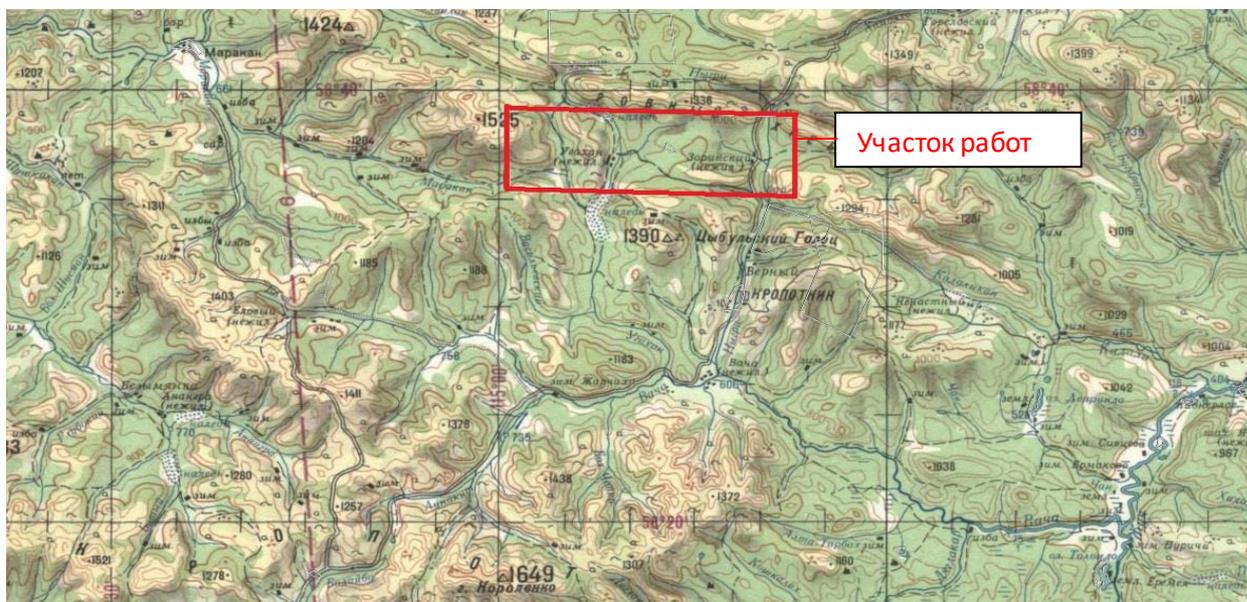


Рисунок 1.1 — Обзорная карта района работ.

### 1.1.3. Климат

Климат на территории Кропоткинского МО резко-континентальный с суровой продолжительной зимой и коротким теплым летом. Среднегодовая температура составляет  $-5,5^{\circ}\text{C}$ , при общих вариациях в интервале от  $-55$  до  $+35^{\circ}\text{C}$ . Важным фактором распределения температур в приземном слое атмосферы является изменчивость гипсометрической характеристики. Средние значения высотно температурного градиента в тёплый сезон составляют около  $+0,5^{\circ}\text{C}$  на 100 м, в холодный период  $-0,2-0,4^{\circ}\text{C}$  на 100 м. Среднегодовое количество осадков составляет около 392 мм, из которых около 84% приходится на теплый период года, в том числе, на июль – 82 мм. Первые снегопады проходят в конце сентября. Формирование устойчивого снежного покрова относится ко

второй декаде октября, начало разрушения – к третьей декаде апреля, с полным сходом в мае (в глубоких распадках и на склонах северной экспозиции фрагментарно сохраняется до июня). Достигающая к марту максимальная мощность снегового покрова изменяется от 0,1 до 0,7 м на водоразделах до 1,5 м на их склонах и в долинах. Продолжительность существования снежного покрова, в среднем, 104 сут.

Ледостав приходится на октябрь, ледоход - на май. Ледоходно-паводковые явления на реках характеризуются бурностью и кратковременностью.

Формирование климатических условий территории определяется характером региональной циркуляции воздушных масс при влиянии орографии. Перемещение воздушных масс характеризуется формированием в зимний период мощный сибирский антициклон с низкими температурами и показателями влажности, в силу чего зимы характеризуются как малоснежные. Период отрицательных среднемесячных температур наблюдается с октября по апрель. Наиболее холодный месяц январь с многолетней среднемесячной температурой воздуха 28,2°C. К нему же приурочены экстремальные значения температур, включая абсолютный минимум -57°C.

В тёплый период года климатические показатели формируются при влиянии смены циклонов и антициклонов. Для него характерны значительные суточные перепады температур, которые заметно усиливаются в переходные периоды (весна, осень). Наиболее тёплый месяц июль, со среднемноголетней температурой 16,6°C и абсолютным максимумом +38°C.

Район относится к территориям развития многолетнемерзлых пород (ММП), являющихся наследием последнего оледенения. Они залегают практически с поверхности, за исключением участков надмерзлотных таликов, развитых до глубин 60–80 м в пределах долин крупных и средних рек. Глубина распространения ММП достигает 200 до 250 метров. В условиях отрицательного температурного баланса и особенностей растительного покрова глубина сезонного оттаивания грунтов не превышает 1,5, в редких случаях - 2,5 м.

#### **1.1.4. Почвы и растительность**

Район работ относится к зоне развития среднегорных таёжно-болотных, тундровых, гольцовых ландшафтов.

Почвы, в общем случае, характеризуются низкой продуктивностью и непригодны для сельскохозяйственного использования. Чаще они представлены грубообломочными грунтами с кислой и сильнокислой реакцией среды, малой влажностью и низкими температурами. Наибольшее распространение в районе имеют торфянисто-подзолистые, иллювиально-гумусово-железистые, подбуры, торфянисто-перегнойные почвы водоразделов и склонов. На площадях техногенных изменений рельефа речных долин активно протекают процессы болотообразования с формированием болотных типов почв.

Первичные леса в пределах речных долин, падей, пологих склонов и невысоких водоразделов составлены растительными ассоциациями темнохвойной тайги с преобладанием лиственницы Гмелина или даурской, сменяемые на более крутых склонах кедрово-стланиковыми лесами. Выше они сменяются растительностью тундрового типа, а на гольцах – мохово-лишайниковой.

На местах вырубок, гарей и т. п. развиваются вторичные хвойно-лиственные леса. Основные породы в них представлены сосной обыкновенной, различными видами берёзы, осины, тополя. В отдельных урочищах с повышенной влажностью – елово-пихтово-кедровые темнохвойные леса без заметного подлеска. В поймах рек, на местах золотодобычи появляются болотные, болотно-кустарниковые растительные сообщества различного состава, в ряде случаев образуются пустоши.

Лесные ресурсы района, с учётом их довольно низкой продуктивности и отсутствия развитой транспортной инфраструктуры используются ограниченно, в основном для внутренних нужд населения и местной промышленности.

Фауна района представлена, в основном, представителями классов млекопитающих и птиц, предпочитающих смешанные леса и берега рек, обладающие относительно богатой и разнообразной кормовой базой. В целом животный мир характерен для таёжной зоны, класс млекопитающих представлен

хищниками: медведь, россомаха, волк, выдра, американская норка (вытеснившая местный вид), соболь, колонок, ласка. Отряд парнокопытных: северный олень, изюбрь, лось, кабарга, косуля. Грызуны: белка, заяц-беяки др.

В многообразии представителей класса птиц преобладают перелётные виды. Отмечаются и редкие виды, внесённые в красную книгу разных уровней.

Реки района относятся к местам обитания и нереста редких и ценных видов рыб.

### **1.1.5 Гидрогеологические условия**

Район работ характеризуется наличием густо разветвлённой речной сети. Реки с типично горным гидрологическим режимом при смешанном питании с преобладанием снегового. В общем случае долины имеют корытообразный поперечный профиль с асимметричными бортами со средней крутизной склонов, редко до 20-25°. Планируемые для изысканий участки расположены в пределах водосборных бассейнов рек Унагит и Тыгри (правобережные притоки р. Ваца в составе водосборного бассейна р. Лены).

Гидрологический режим рек характеризуется значительным непостоянством параметров, свойственным рекам горного типа. Преобладающим источником питания являются атмосферные воды. В тёплый период года наряду с весенним паводком, интенсивность и сроки которого определяется запасами влаги в снеговом покрове и интенсивностью таяния снега, в периоды выпадения дождей имеют место дополнительные паводки с параметрами, зависящими от интенсивности осадков. В общем случае, для паводков характерна краткосрочность при быстром поднятии и спаде уровней воды, чему способствует рельеф местности и наличие залегающих близко к поверхности многолетнемерзлых пород, препятствующих вертикальной фильтрации осадков.

В зимний сезон атмосферное питание рек отсутствует, подземное весьма ограничено наличием тех же многолетнемерзлых пород, что приводит к резкому снижению расходов рек, в отдельных случаях к полному его прекращению в

результате полного промерзания русла. В последнем случае возникает угроза образования мощных наледей.

Основным водотоком является р. Угахан (левый приток р. Вача). Протяженность реки 36 км, площадь водосбора 320 км<sup>2</sup>. Средний годовой модуль стока 6 л/с с км<sup>2</sup> при максимальном значении 85 л/с с км<sup>2</sup>. Максимальный паводковый расход – 48 м<sup>3</sup>/с, минимальный в летнюю межень - 1,1 м<sup>3</sup>/с, в зимнюю межень - 0,2-0,4 м<sup>3</sup>/с.

### **1.1.6. Экономическая характеристика района работ**

Участок проведения работ относится к территории Кропоткинской поселковой администрации. В 220 км южнее проходит трасс Байкало-амурский магистрали (БАМ). С ближайшей железнодорожной станцией Таксимо, г. Бодайбо связан грунтовой дорогой 3 категории, расстояние до участка работ составляет 360 км. В городе имеется действующий аэропорт.

Постоянное население в районе месторождения Сухой лог отсутствует. На разном удалении имеется несколько золотодобывающих предприятий, связанных между собой и административными центрами грунтовыми автодорогами круглогодичного действия.

## **1.2. Геологическая характеристика объекта геологоразведочных работ**

### **1.2.1. Литологическая характеристика района работ**

На глубину изучения разрез сложен терригенно-осадочными, часто известковистыми породами верхнего рифея, перекрытыми полигенетическими четвертичными образованиями.

Верхнерифейские породы слагают опрокинутую складку с падением крыльев на север-северо-восток. В южной части территории, подвергнувшейся частичной денудации, они представляют нижнее крыло складки с обратным порядком залегания (более молодые породы под более древними), в северной – верхнее крыло с нормальным порядком стратиграфических подразделений.

## ВЕРХНИЙ ПРОТЕРОЗОЙ (PR<sub>3</sub>) – верхний рифей

Согласно геологической легенде бодайбинской серии листов госгеолкарты России, разрез отложений позднерифейской эры на площади работ представлен тремя залегающими без видимого несогласия свитами: хомолхинской (средняя и верхняя подсвиты), имняхской и аунакитской.

Вскрытые разведочными скважинами отложения хомолхинской свиты представлены её верхней и средней подсвитами (PR<sub>3</sub> hm<sub>2-3</sub>) слагающими центральную часть опрокинутой складки сухоложской антиклинали. Распространены они широко, за исключением западной и южной части территории. Выходы под делювиальные четвертичные отложения прослеживаются в виде широкой полосы, вытянутой в субширотном направлении и сужающейся с востока на запад. В западной части за счёт погружения замковой части складки кровля вскрывается на глубинах 50–550 м, с одновременным уменьшением мощности пород. В северном направлении за счёт погружения верхнего крыла складки также наблюдается увеличение глубины залегания кровли свиты до 200 метров на северо-востоке и более.

Сложена свита осадочными слабо метаморфизованными сланцами светло-серыми до черных кварцево-слюдистыми, известково-глинистыми и углисто-глинистыми, переслаиваемыми песчаниками среднезернистыми светло-серого цвета. Часто породы карбонатизированы.

Породы разбиты сетью крутопадающих трещин, ориентированных в северо-восточном и северо-западном направлениях. Повсеместно развиты пластовые трещины, определяющие плитчатую отдельность массива пород. Как правило, трещины заполнены вторичными минералами, с которыми связана рудная минерализация месторождения. Кроме того, до глубин 250-280 м породы свиты входят в криолитозону, ниже которой породы характеризуются как плотные с очень низкими показателями пористости.

Общая мощность свиты варьирует в широких пределах, составляя от 700–800 м (вскрытая) в восточной части территории, с постепенным сокращением вплоть до полного выклинивания в западном направлении

Имняхская свита ( $PR_3 im$ ) распространена на всей территории, за исключением средней полосы, занятой хомолхинской свитой. Она представлена на севере и юге в виде двух широких выходящих на дневную поверхность полос, смыкающихся на западе территории. Далее они согласно перекрываются породами аунакитской свиты.

В составе терригенно-карбонатной толщи отмечены переслаивающиеся сланцы алевролитистые, слюдисто-кварцевые и известково-слюдистые, песчаники известковистые, известняки. По данным ГРР она расчленена на 2 подсвиты, нижнюю и верхнюю.

Мощность нижней подсвиты составляет 200–250 м, верхней – 250–300 м.

Многолетнемерзлые породы в составе свиты имеют сокращённую мощность, распространяясь до глубин 80–120 м. В пределах речных долин развиваются талики, в том числе сквозные. На юго-западе участка отложения свиты секутся кадали-сухоложским разломом.

Аунакитская свита ( $PR_3 au$ ), завершающая дочетвертичный разрез, распространена в южной части территории в составе нижнего крыла опрокинутой складки и перекрыта более древними породами имняхской свиты. В западной части территории прослеживается полосой выходящей под четвертичные отложения с крутым погружением кровли в северном направлении. Отложения секутся кадали-сухоложским разломом.

В разрезе представлены песчаники кварцитовые с прослоями сланцев алевролитистых. Связанная с отложениями свиты криолитозона имеет сложную структуру с изменчивостью мощности за счёт развития таликов.

Мощность свиты достигает 300 м.

#### ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СИСТЕМА (Q)

Единая стратификация четвертичных отложений для района работ не разработана.

В общем случае, в составе разреза принимают участие неоплейстоценовые и голоценовые аллювиальные, элювиально-делювиальные, ледниковые, водно-ледниковые отложения и другие лито-генетические типы отложений.

Аллювий представлен в пределах речных долин в виде пойменных и террасовых комплексов, приуроченных к разным гипсометрическим уровням. Подстилаются породами протерозойского возраста или более древними моренными, делювиальными и другими типами отложений. Участки пойменных и надпойменных террас, прилегающие к тыловым швам, особенно под крутыми склонами водоразделов, часто перекрыты делювиальными шлейфами и отложениями конусов выноса.

По гранулометрическому составу аллювий неоднороден: галечники, валуны, пески, супеси, суглинки. В вертикальном профиле разреза террас снизу вверх наблюдается закономерность смены преобладающих фракций грунтов с замещением крупных на более мелкие.

Мощность аллювиальных отложений варьирует от 1 до 60 м.

Водоразделы и их склоны практически повсеместно, за исключением крутых склонов, покрыты покровом элювиально-делювиальных образований. Как правило, это щебнисто-глыбовые отложения, в гольцовой зоне - с дресвяным заполнителем. Мощность отложений до нескольких метров, увеличивается в нижней части склонов и у их подножий.

Общим для четвертичных образований является неоднородный грубообломочный состав отложений. На значительных участках речных долин отложения перебиты в процессе отработки золотоносных россыпей.

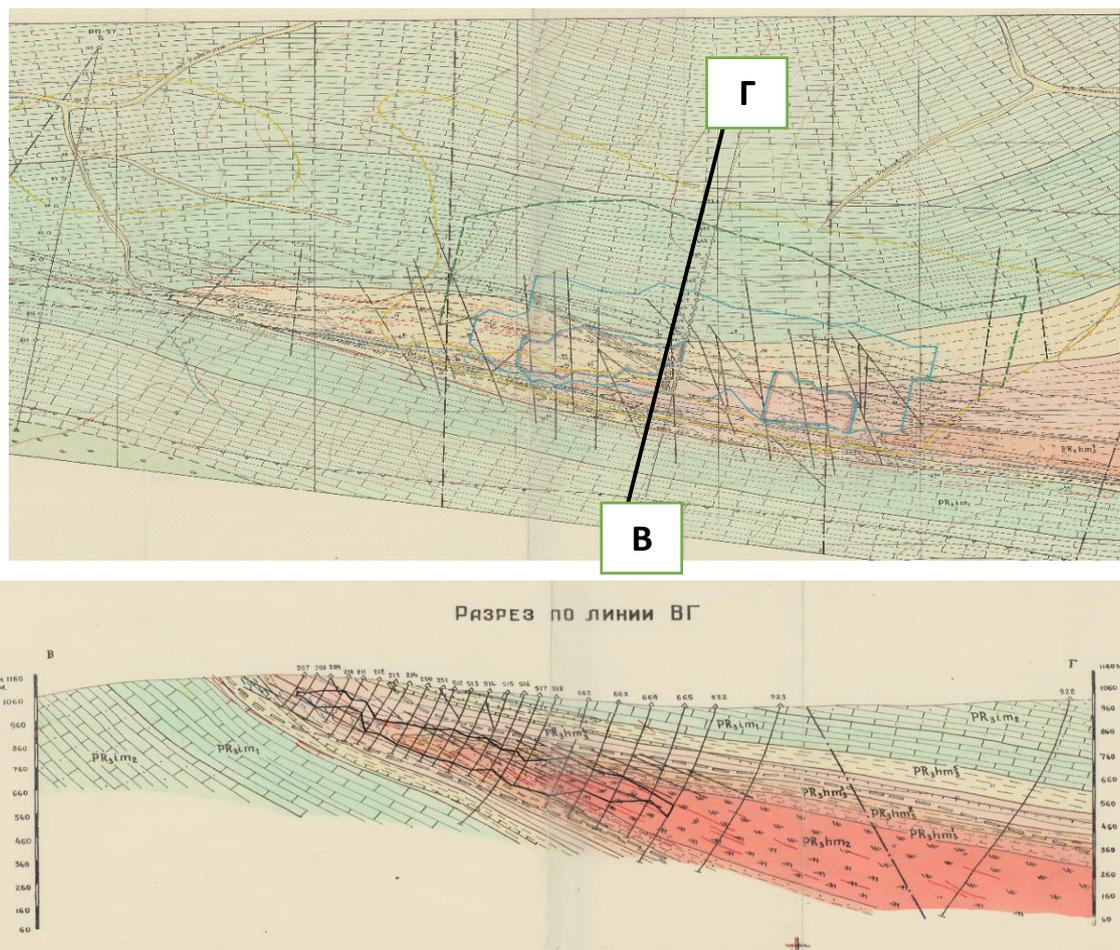


Рисунок 1.2. – Геологическая карта месторождения

### 1.2.2. Структура

Важнейшей рудоконтролирующей структурой месторождения Сухой Лог является антиклинальная складка. В геологической литературе по району она получила название Сухоложско - Бужуихтинской, а та ее часть, где сосредоточена рудная залежь - Сухоложской.

#### Сухоложская антиклиналь

Структура была детально изучена на предыдущих этапах разведки месторождения с широким использованием структурных наблюдений, стратиграфолитологических данных, аэрофотодешифрирования, геофизических материалов (13,26,33, 50,51, 66 и др.). Для структурных исследований 1976–1977 гг. на горизонте штолен Г и 2 целевым назначением пройдено 8 ортов, пробурены 22 структурные скважины при сохранении в целом пластообразной формы. К северо-

западу и юго-востоку от центрального участка мощность зоны постепенно уменьшается до 50-100 м, а интенсивность проявления слагающих ее структурных элементов существенно снижается, Характер взаимоотношений между зоной смятия и Сухоложской антиклиналью позволяет считать зону синскладчатой, органически связанной с механизмом формирования антиклинали, хотя некоторые исследователи склонны относить ее к более поздним, эпигенетическим по отношению к складке, образованиям.

#### Дизъюнктивные нарушения

Кроме рассмотренных тектонических элементов, на месторождении развиты дизъюнктивные нарушения, которые, по-видимому, не связаны с зоной смятия. К ним может быть отнесен Кадали-Сухоложский разлом, проходящий в Южном крыле антиклинали в породах верхней подсвиты имняхской свиты.

Анализ пространственного положения и особенностей строения этой дизъюнктивной структуры указывает на то, что она представляет собой одну из северных ветвей мощной зоны надвигового типа, проходящей несколько южнее Сухоложской антиклинали. Формирование подобных структур, как считает большинство исследователей, связано с заключительным этапом складкообразования. При становлении Маракано-Тунгусской синклинали и имеет региональный характер. Фактический материал свидетельствует в пользу того, что зона взбросо-надвига сформирована позднее главного этапа рудообразования. К постскладчатому относится отчетливо выраженная система меридиональных и субмеридиональных разрывных нарушений. Она представлена ровными, хорошо выдержанными крутопадающими трещинами с элементами залегания: аз. пад. 265–275 и 90–92, угол падения 80°. Трещины сравнительно редки (2–5 на десять метров), иногда открыты, хорошо заметны в горных выработках. В отдельных случаях по трещинам этой системы наблюдаются малоамплитудные (0,7-Т,5 м, редко ТО - 15 м) смещения пород. Встречаются тектонические швы мощностью 10–20 см (редко до Т,5 м), заполненные дресвой либо тектонической глиной с обломками кварца, пирита и вмещающих пород. Отдельные тектонические нарушения данной системы прослеживаются и за пределы рудной зоны.

Субмеридиональные разрывные дислокации хорошо фиксируются геофизическими методами по комплексу признаков (простираение осей аномалий, смещение осей корреляции и др.

В пределах месторождения устанавливается участок максимального развития нарушений рассматриваемой системы между буровыми профилями - 9 +Г шириной около 0,5. км.

На то, что субмеридиональные разрывные нарушения и зоны трещиноватости являются пострудными: образованиями, указывает: текущее положение их по отношению к зоне смятия, главной рудовмещающей структуре месторождения, смещение и дробление прожилкововкрапленных образований, несущих золотоносность, отсутствие зависимости между распределением золота и рассматриваемыми нарушениями.

Высказанное положение согласуется с данными по другим рудным полям и зонам минерализации Ленского района.

В целом структура месторождения Сухой Лог является весьма сложной и обусловлена пространственным сочетанием разновременных - пликативных и дизъюнктивных элементов. Главной рудоконтралирующей структурой является антиклинальная складка, а рудовмещающей - зона смятия, сформированная: в ее ядерной части. Эта зона смятия, минерализованная кварц-сульфидными прожилково-вкрапленными образованиями, и является рудной зоной месторождения Сухой Лог.

### **1.2.3. Наложенная: минерализация**

Специфической особенностью месторождения. Сухой Лог является развитие в породах рудного поля наложенной минерализации, по качественному минеральному составу характерной в целом для минерализованных зон Ленского золотоносного района. Вместе с тем, вкрапленники и прожилки карбонатов и сульфидов (почти исключительно пирита), жилы и прожилки кварца здесь более обильны. Основная часть пирита представлена разномерными кристаллическими сростками и агрегативными скоплениями с размером зерен от первых десятых долей до 7 мм. Наиболее золотоносными являются относительно крупные

кварц-пиритовые прожилки. Ассоциирующий с пиритом кварц не является концентратором, но его развитие в составе пиритовых выделений служит признаком повышенной золотонности. Рудовмещающие породы представлены тёмно-серыми углеродистыми алевросланцами.

#### **1.2.4. Гидрогеологические условия и перспективы водоснабжения.**

Район работ приурочен к Вачско-Хомолхинскому гидрогеологическому району Витимо-Патомской гидрогеологической складчатой области, выделенной в пределах одноимённого нагорья. Относясь к горно-складчатому обрамлению Сибирской платформы, он граничит на западе и северо-западе с Ангаро-Ленским, а на севере и востоке с Якутским артезианскими бассейнами I порядка. Гидрогеологические условия региона, сложные, с локальным распространением водоносных гидрогеологических структур и незакономерной изменчивостью фильтрационно-ёмкостных свойств водовмещающих пород. Кроме того, район относится к зоне многолетнемерзлых пород с островным развитием таликов, как правило, в пределах речных долин и озёрных котловин.

Гидрогеологический разрез сложен толщей слабометаморфизованных осадочных верхнепротерозойских пород, смятых в интенсивные складки. Площадь изысканий приурочена к опрокинутой складке, осложняющей сухоложскую антиклиналь. Для пород характерны достаточно низкие показатели пористости. В приповерхностной части разреза развита эпигенетическая трещиноватость пород, в замковой части складки - интенсивная трещиноватость кливажа. Массив горных пород разбит на блоки довольно густой сетью, преимущественно небольших по интенсивности и глубине заложения зонами трещин. Как правило, трещины заполнены вторичными минералами и не являются водопрводящими, кроме того, они находятся в зоне развития ММП. К водопрводящим системам относятся зоны дробления и сопутствующей трещиноватости крупных проникающих разломов. Для рассматриваемой территории, в её южной части достоверно установлен кадали-сухоложский разлом.

Верхняя часть разреза выполнена полигенетическими четвертичными отложениями древних и современных долин и имеющими вид покрова элювиально-делювиальными отложениями плоских водоразделов и их склонов. Основная водоносность четвертичных отложений связана с долинными таликовыми зонами.

Анализ доступных данных позволяет выделить на территории изысканий 3 типа гидрогеологических разрезов, определяющих перспективы организации водоснабжения.

Надмерзлотные воды.

Основная водоносность связана с надмерзлотными таликами, распространёнными в виде полос повторяющих контуры долин рек Угахан, Ныгри и их притоков, ручьёв Широкий, Радостный, Сухой лог. В разрезе участвуют аллювий (современный и древний), ледниковые и водно-ледниковые образования. На присклоновых участках долинные образования перекрыты шлейфами современного делювия. В целом отложения представляют единый сложно построенный водоносный комплекс порово-пластовых вод с резко выраженной по площади и в разрезе фильтрационной неоднородностью. По этому признаку, на основании данных, полученных при разведке месторождения Сухой лог (Н.П. Попов и др., 1977) в разрезе выделены водоносные горизонты современных аллювиальных отложений и древнеаллювиальных отложений, а также слабоводоносный водоносный горизонт ледниковых и водно-ледниковых отложений (названия горизонтов приведены в соответствии с действующей гидрогеологической стратификацией).

Наибольшей обводнённостью обладают современные аллювиальные отложения пёстрого литологического состава с преобладанием грубообломочного материала. Коэффициенты фильтрации отложений до 85 м/сут. К неблагоприятным факторам относятся ограниченность распространения отложений, малая мощность (до 4–7 м), незащищённость вод от загрязнения с поверхности в результате прямой гидравлической связи с поверхностными водами – основным источником питания. По сделанному на стадии разведке прогнозу динамические

запасы горизонта для долин рек Угахан и Ныгри составляют примерно по 1 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Данного количества недостаточно для обеспечения заявленной потребности в воде в полном объёме, но может обеспечить водой локальные объекты предприятия.

Древние аллювиальные отложения также имеют грубообломочный состав, но при более мелком заполнителе имеют более низкие фильтрационно-ёмкостные показатели. По упомянутому выше прогнозу для тех же долин они обладают динамическими запасами, не превышающими первых сотен кубических метров в сутки. Эти воды могут рассматриваться как дополнительный источник водоснабжения.

Водоносность ледниковых и прочих четвертичных отложений имеет низкие показатели и практического интереса для водоснабжения не представляют.

Режим фильтрации надмерзлотных вод безнапорный, на участках развития в кровле горизонтов слабопроницаемых отложений возможны слабые, в пределах метровых значений напоры. В таких условиях временные локальные напоры могут возникать при паводках, а также при сезонном промерзании грунтов. По свойствам (температура до 4°С, минерализация 0,2-0,4 г/л, жёсткость общая до 5 мг-экв/л) воды относятся к группе пресных весьма холодных умеренно-жёстких (по О.А. Алёкину, 1953). Другие данные по составу вод не приводятся, за исключением указания следующего содержания: «Качество подземных и поверхностных вод отвечает требованиям, предъявляемым к питьевой воде» (Н. П. Попов и др., 1977, с 230).

Подмерзлотные воды.

Подмерзлотные воды водораздельных массивов вскрыты и опробованы скважинами, пробуренными при разведке месторождения (Н. П. Попов и др., 1977). По данным бурения водовмещающие породы, представленные преимущественно переслаивающимися сланцами, алевролитами и песчаниками хомолкинской, имняхской и аунакитской свит вскрыты на глубинах от 30–150 м в долинах рек и их бортах, до 230–270 м на водоразделе. Открытая трещиноватость пород низкая, преобладают коллекторы порового типа, содержащие высоконапорные

воды. Скважины, пробуренные в долинах рек, фонтанируют при избыточном давлении до 1 атм (превышения статических уровней над рельефом до 10 м). В целом породы показали низкую обводнённость. При вскрытой мощности 70–300 м и более, водопритоки в скважины составили 1 л/с и менее, при удельных дебитах  $n \times 10^{-2}$ – $n \times 10^{-3}$  л/с на метр понижения уровня. В отдельных скважинах водоприток отсутствует. Несколько большие значения дебитов, до 1,5–2,0 л/с на изливе, получены из скважин пробуренных в долинах рек. Предположительно, эти скважины вскрыли нижнюю часть зоны эпигенетической трещиноватости с более высокими показателями фильтрационно-ёмкостных свойств.

Минерализация вод 0,3–0,4 г/л. По химическому составу они гидрокарбонатные или сульфатно-гидрокарбонатные с изменчивым катионным составом. По свойствам воды слабощелочные, от умеренно жёстких до жёстких. По приведённым в отчёте данным сокращённого химического анализа несоответствий качества нормам питьевой воды не выявляется (Н. П. Попов и др., 1977).

Исходя из имеющихся данных, водораздельные пространства не перспективны, из-за низкой водообильности пород. В районе работ имеется опыт водоснабжения на базе подмерзлотных вод в пределах речных долин, в частности п. Кропоткин, тем не менее, бурение таких скважин на месторождении связано с определёнными геологическими рисками. В частности, по скважинам в долинах ручьёв Широкий и Зоринский получены неудовлетворительные результаты.

Подмерзлотные трещинно-блоковые воды.

Воды этого типа приурочены к тектонической зоне кадали-сухоложского разлома и имеют ограниченное распространение. Секущий толщу аунакитской свиты разлом проходит вдоль южной границы территории изысканий, круто погружаясь в северном направлении. Мощность зоны дробления по нормали к плоскости смещения достигает 10 м, дополнительно она увеличивается за счёт сопутствующей трещиноватости пород. Воды высоконапорные, пробуренные в долине скважины фонтанируют. Водообильность тектонических зон высокая. При выпусках из поисковых скважин 9-П и 10-П (привязка к устьевой части руч. Верный – около 10 км на юго-восток от участка работ) получен расход воды 3 и

2 л/с, соответственно. Без подтверждения фактическими данными воды определены как: «гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые, очень мягкие (0,3–0,4 мг-экв/л) с минерализацией до 0,5 г/л, очень холодные (0,4-3°C) и по качеству соответствуют нормам ГОСТа на питьевые воды».

Расчётная производительность этих скважин составила около 9 тыс. м<sup>3</sup>/сут, что превышает заявленную потребность в воде. Таким образом, трещинно-блоковые воды зоны тектонического разлома являются наиболее обеспеченным, следовательно, надёжным источником планируемого водоснабжения.

### **1.3. Методика проведения проектируемых геологоразведочных работ**

Разведка рудных тел будет произведена в плоскостях вертикальных параллельных сечений (разрезов), расположенных в крест простирания рудных тел. Места заложения скважин предварительно определяются на стадии проектирования, а в ходе буровых работ оперативно корректируются в зависимости от полученных результатов. Начальные направления бурения скважин задаются маркшейдером при помощи теодолита

«Leica», а углы наклона – с помощью электронного угломера. Контрольные замеры глубин и инклинометрия стволов скважин производятся через каждые 50 м углубки.

Скважины пройдут на линиях, ориентированных по аз. 15°.

Изучение рудных тел на глубину будет производиться методом последовательных приближений, от верхних горизонтов к нижним, что позволит геометризовать все рудные тела от поверхности до горизонта. Также последовательно будет проводиться наращивание разведочной сети на флангах с созданием.

### **1.3.1. Геологические задачи и методы их решения**

Целевое назначение: составление отчета по итогам детальной разведки с подсчетом запасов на рудопроявление и предоставление на Научно-технический совет Отдела геологии и лицензирования по Иркутской области.

Основные геологические задачи:

- 1) Сбор, систематизация и анализ материалов по рудопроявлению, включая:
  - данные литогеохимических работ;
  - зарисовки полотен канав, мест отбора проб, первичной документации скважин;
  - результаты анализа на золото и сопутствующих элементов;
  - каталоги координат скважин и горных выработок;
  - карты геологического содержания (фактов, геологические, полезных ископаемых, тектонические и пр., планы, зарисовки, фотографии руд, пород, обнажений) в современных ГИС технологиях.
- 2) Подготовка отчетных материалов, с выводами по результатам детальной разведки и согласование их с Заказчиком;
- 3) Выделение в пределах лицензионных площадей перспективных объектов для постановки последующих геологоразведочных работ;
- 4) Разработка рекомендаций по направлениям и объемам дальнейших ГРР;
- 5) Составление окончательного отчета с рекомендациями по постановке поисковых работ и обоснованием необходимых площадей;
- 6) Консультационное и методическое сопровождение написания глав и других частей (графические, текстовые, табличные приложения) отчета.

### **1.3.2. Перечень проектируемых геологоразведочных видов работ**

Целью выполняемых работ на лицензионном участке является проведение детальной разведки на рудное золото с подсчётом запасов.

Комплекс работ на площади рудопроявления включает следующие основные виды:

- топографо-геодезические работы;
- буровые работы;
- опробование: керновое, бороздвое, технологическое;
- геофизические исследования скважин;
- технологические исследования;
- камеральные работы;
- лабораторные работы.

#### **1.4. Методика и условия проведения буровых разведочных работ**

##### **1.4.1. Методика проведения буровых работ**

Бурение скважин на золоторудном месторождении будет проводиться с целью оценки рудной зоны. Уточнение геологической структуры рудопроявления, изучение морфологии и вещественного состава.

Бурение будет проводиться с отбором керна комплексом ССК-НҚ компании Atlas Copco. В качестве ПРИ будут использовать импрегнированные алмазные коронки компании Fordia.

Подвоз технической воды для промывочной жидкости будет подвозиться «водовозкой» на базе Урала.

В качестве очистного агента используется техническая вода с добавлением NaCl с концентрацией в 4%. Для организации оборота промывочной жидкости на буровых площадках обустраиваются перевозные металлические ёмкости, используемые в качестве отстойника.

По окончании бурения скважин и выполнения полного комплекса ГИС проводится извлечение обсадных труб и тампонирувание устьев скважин цементным раствором. На устьях скважин устанавливаются деревянные реперы с необходимой маркировкой.

Регламентируемый выход керна определяется в 90 % по каждому рейсу проходки по всей длине скважины.

### **1.4.2. Геолого-технические условия бурения скважин.**

Для того чтобы максимально эффективно осуществлять бурение скважин необходимо знать физико-механические свойства горных пород, а также их поведение при разрушении. Эти сведения нужны для выбора бурового оборудования, ПРИ, режимных параметров бурения. Следовательно, при проектировании скважины важно определить особенности геологического строения месторождения. В целом геологический разрез представлен породами V–VI категории по буримости. Обобщенный геологический разрез представлен в таблице 2.2.

### **1.5. Задачи, методы, объемы геофизических работ**

Геофизические методы отчетного периода предназначались для решения следующих задач:

- оконтуривание пирротинизированных объектов, контролирующих золотое оруденение;
- обособление зон немагнитной сульфидной минерализации и обуглероженных образований;
- картирование зон окварцевания;
- выявление и трассирование разрывных нарушений;
- выделение водоносных разломов;
- объемное картирование золота контролирующих объектов.

Поставленные задачи решались комплексом наземных геофизических методов и ГИС. Наземные работы включали методы: магниторазведку, естественное электрическое поле (ЕЭП), вызванную поляризацию в модификации электротомографии 2D (ЭТ), симметричное электропрофилирование (СЭП).

## **2. Технология и техника проведения буровых работ**

### **2.1. Выбор способа бурения и способа удаления продуктов разрушения пород при бурении**

По данным проектного задания разведка золоторудного месторождения Сухой Лог находится на стадии разведки. На этой стадии требуется получение пробы (керн) на всем протяжении скважины, поэтому применяют колонковый способ. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего строения рудных тел, характера околорудных изменений. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна должен быть не менее 70 % по каждому рейсу бурения.

Для эффективной проходки скважин необходимо использовать очистные агенты, основными функциями которых в процессе бурения являются очистка забоя от частиц выбуренной породы и вынос их на поверхность потоком очистного агента; охлаждение породоразрушающего инструмента, сохранение и повышение устойчивости стенок скважины. Для проектного разреза можно применять только промывочные жидкости.

Породы, представленные V–VI категориями по буримости целесообразно бурить алмазными коронками, чтобы был достигнут максимальный выход керна хорошей сохранности эффективно применить снаряд со съемным керноприемником (ССК).

Исходя из выше сказанного выбирается следующий способ бурения: вращательное с промывкой колонковое алмазное бурение с применением снаряда со съемным керноприемником.

Способы удаления продуктов разрушения при бурении указаны в таблице 2.1. [2]

Таблица 2.1. – Способы удаления продуктов разрушения при бурении скважин (по С.С. Сулакшину)

Класс	Удаление продуктов разрушения	
	Способы	Средства
1	Механический	подъем бурового инструмента на поверхность вращение витового транспортера задавливание продуктов разрушения в стенки скважины
2	Гидравлический	поток промывочной жидкости
3	Пневматический	поток сжатого воздуха
4	Комбинированный гидропневматический  гидромеханический  пневмомеханический	поток сжатого воздуха и циркуляция промывочной жидкости  поток промывочной жидкости и подъем бурового инструмента на поверхность  поток сжатого воздуха и подъем бурового инструмента на поверхность

Данный проект предусматривает прямой гидравлический способ удаления шлама.

Способ прямой промывки подразумевает под собой, что буровой раствор подается к забою через буровой снаряд и поднимается по зазору между снарядом и стенками скважины (рисунок 2.1.).

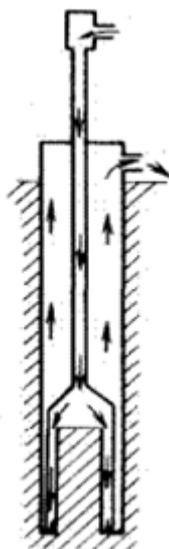


Рисунок 2.1 – Схема прямой промывки скважины

## 2.2. Разработка типовых конструкций скважин

Конструкция скважины – характеристика буровой скважины, содержащая информацию о её длине, диаметре ствола по интервалам глубины, числе, диаметре и длине обсадных колонн, параметрах направления, интервалах тампонирувания и т. п.

При разработке конструкции скважины приходится одновременно иметь в виду и оперировать обширной информацией по разным вопросам, прежде всего: геологический разрез, полезное ископаемое, поставленные задачи; возможные осложнения при бурении, материально-техническое обеспечение и др.

Таблица 2.2. – Геологический разрез

№ п/п	Мощность, м			Наименование горных пород, краткая характеристика
	от	до	всего	
1	0	75	75	Сланцы алевритистые и известково-слюдистые с прослоями песчаных известняков
2	75	125	50	Сланцы углеродистые филлитовидные, алевритистые, горизонты тонкоритмичного переслаивания филлитов и алевролитов, прослойки песчаников кварцевых мелкозернистых карбонатизированных

Продолжение таблицы 2.2.

3	125	208,3	83,3	Алевролиты слабоуглеродистые с горизонтами тонкоритмичного переслаивания филлитовидных сланцев и алевролитов
4	208,3	274,9	66,6	Сланцы алевритистые углеродистые с линзами и прослоями карбонатизированных песчаников
5	274,9	383,2	108,3	Сланцы филлитровидные высокоуглеродистые тонкоритмичные, переслаивающиеся со сланцами алевритистым слюдистокварцевыми
6	383,2	416,6	33,4	Сланцы филлитровидные и алевритистые углеродистые с частыми прослоями песчаников кварцевых слабоуглеродистых мелкозернистых и алевролитов того же состава
7	416,6	441,6	25	Сланцы филлитровидные высокоуглеродистые тонкоритмичные, переслаивающиеся со сланцами алевритистым слюдистокварцевыми
8	441,6	484,6	43	Сланцы алевритистые углеродистые с линзами и прослоями карбонатизированных песчаников
9	484,6	526,6	42	Алевролиты слабоуглеродистые с горизонтами тонкоритмичного переслаивания филлитовидных сланцев и алевролитов
10	526,6	550	23,4	Сланцы углеродистые филлитровидные, алевритистые, горизонты тонкоритмичного переслаивания филлитов и алевролитов, прослойки песчаников кварцевых мелкозернистых карбонатизированных
11	550	575	25	Сланцы алевритистые и известково-слюдистые с прослоями песчаных известняков

Выбор конструкции скважины во многом зависит от технологических особенностей выбранного способа бурения и является определяющим при проектировании рациональных режимов бурения.

Конструкция скважины должна обеспечивать:

- в первую очередь, выполнение геологической задачи и получение кондиционного керна;
- выполнение геологических исследований; возможность применения основных видов скважинной аппаратуры и приборов, необходимых для проведения исследований в скважине;
- соответствующую изоляцию горизонтов друг от друга и от поверхности, надежное закрепление проницаемых и ослабленных интервалов;
- достижение запроектированной глубины;

- реализация запроектированных методов и режимов бурения; высокие скорости проходки;
- минимальные энергетические и материальные затраты, вследствие чего необходимо стремиться к минимальным диаметрам ствола скважины с наибольшим процентом выхода керна;
- сокращение затрат на решение геологической задачи и повышение качества геологической информации за счет выбора оптимальной трассы скважины с использованием методов направленного бурения;
- соблюдение требования об охране недр и защите окружающей среды.

### **2.2.1. Определение конечного диаметра скважин**

Конечный диаметр скважины обусловлен минимально допустимым диаметром керна по последнему пласту полезного ископаемого, обеспечивающего необходимую достоверность опробования. Одновременно должна быть обеспечена возможность применения на любом интервале скважины основных видов скважинной аппаратуры. [2]

Минимально допустимый диаметр керна ( $d_k \text{ min}$ ) для конкретного вида полезного ископаемого определяется по данным литературных источников или из практики работ, на месторождениях подобного типа.

Рекомендации по выбору минимально-допустимого диаметра керна приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3. – Минимально-допустимые диаметры керна в зависимости о типа месторождения и полезного ископаемого [2]

Генетические типы месторождений	Промышленные типы руд (полезных ископаемых)	Рекомендуемый минимальный диаметр керна, $d_{kmin}$ , мм
1	2	3
Контактово-метасоматические (скарновые)	Железные Молибдено-вольфрамовые Руды других металлов (Au, Pb, Zn)	32 32–60 32

Исходя из таблицы 2.3, для золоторудных месторождений минимально допустимый диаметр керна равен 32 мм.

Учитывается, что полученный керн всегда имеет меньший диаметр, чем внутренний диаметр коронки –  $D_v$ . Это уменьшение зависит от применяемого инструмента, категории горной породы по буримости, используемой технологии бурения.

Возможный внутренний диаметр коронки  $D_{v \min}$  зависит от категории горной породы по буримости и определяется выражением:

$$D_{v \min} = d_{k \min} + \Delta; \quad (2.1)$$

где  $\Delta$  – уменьшение диаметра керна в зависимости от категории горной породы по буримости  $f$ .

$\Delta$  может быть определена по формуле:

$$\Delta = 20 - 8 * \ln f; \quad (2.2)$$

Получаем:

$$\Delta = 20 - 8 * \ln 6 = 5,66;$$

$$D_{v \min} = 32 + 5,66 = 37,66 \text{ мм}$$

Определяем минимально возможный диаметр скважины  $D_{c \min}$  по типу используемой в данном интервале скважины геофизической или другой скважинной аппаратуры.

Минимально допустимый диаметр скважины определяется:

$$D_{c \min} > (1,03 - 1,05) * D_a \quad (2.3)$$

где  $D_a$  – диаметр применяемой аппаратуры.

Габариты аппаратуры инклинометра ИГ 70–70 мм, а также каверномера КМ-43-1 – 43 мм. Получаем:

$$D_{c \min} > (1,03 - 1,05) * 70$$

$$D_{c \min} > 72,8$$

Выбираем тип технического средства или метода, обеспечивающего кондиционный выход керна по полезному ископаемому.

Исходя из полученных значений  $D_{в \min} = 37,66$  мм и  $D_{с \min} = 72,8$  мм, принимаем  $D_{с} = 73$  и выбираем наиболее рациональный снаряд с внутренним диаметром коронки  $D_{в} = 43$  мм.

После определения конкретного набора технических средств для данных условий необходимо выбрать типоразмер конкретного снаряда, учитывая ранее определенные значения  $D_{в \min}$  и  $D_{с \min}$ : внутренний диаметр коронки  $D_{в} > D_{в \min}$ , а наружный диаметр коронки  $D_{н} > D_{с \min}$ .

Исходя из вышеуказанных условий был выбран снаряд со съёмным кернаприёмником, типоразмеры которого указаны в таблице 2.4.

Таблица 2.4. – Типоразмеры ССК

РАЗМЕР	Наружный диаметр		Внутренний диаметр		Вес (кг/3м)
	мм	дюйм	мм	Дюйм	
BQ	55.6	2–3/16	46	1–13/16	18
NQ	69.9	2-3/4	60.3	2-3/8	23.4
HQ	88.9	3-1/2	77.8	3-1/16	34.4
HWT	114.3	4-1/2	101.6	4	50.5

Особенностью труб ССК является их наружная и внутренняя гладкоствольность. Это необходимо для свободного перемещения кернаприёмника внутри труб и для максимального приближения наружного диаметра колонны труб к диаметру скважины с целью уменьшения их изгиба от действия осевой нагрузки при бурении.

На основании данных, полученных в ходе практической работы, выбирается снаряд с внутренним диаметром  $D_{в} = 77,8$  мм – снаряд со съёмным кернаприёмником размера HQ.

Аналогично, исходя из вышеуказанного выбора бурового снаряда выбираем ПРИ (НQ), типоразмеры которого указаны в таблице 2.5.

Таблица 2.5. – Типоразмеры ПРИ для ССК

РАЗМЕР	AQ	BQ	NQ	HQ	PQ
Наружный	48.0	60.0	75.7	96.0	122.6
Внутренний	27.0	36.5	47.6	63.5	85.0

### 2.2.2. Построение профиля скважин

Для более точного направления скважины на интервале 0–11 м необходимо установить направляющую колонну обсадных труб, диаметром 114,3 мм.

Интервал 11–575 в обсадке не нуждается.

Направление оси геологоразведочной скважины выбирается в зависимости от угла падения геологического объекта, глубины скважины, стремления к сохранению заданного азимутального направления и должно соответствовать возможности бурового оборудования. При горизонтальном или близком к нему залегании рудного тела скважины задаются вертикальными. В проектном разрезе угол падения рудного тела составляет 63 градуса.

Зенитный угол скважины (в град.) на глубине  $L_1$  при заданном угле встречи  $\beta$  первого пласта полезного ископаемого (это угол между вертикалью и касательной к оси скважины в точке встречи пласта) должен быть:

$$\theta_B = (\gamma + \beta) - 90^\circ \quad (2.4)$$

где  $\gamma$  – угол падения пласта, град.;

$$\theta_B = (63 + 48) - 90^\circ = 21^\circ$$

$$\theta'_B = \frac{(L_1 - L_2) * i}{100} \quad (2.5)$$

$$\theta'_B = \frac{(380 - 11) * 1,5}{100} = 5,5^\circ$$

где  $i$  – интенсивность естественного зенитного искривления, град/100 м;

Если  $\theta_B > \theta'_B$ , то начальный зенитный угол скважины равен:

$$\theta_0 = \theta_B - \theta'_B \quad (2.6)$$

$$\theta_0 = 21^\circ - 5,5^\circ = 15,5^\circ$$

Скважина должна быть забурена под углом:

$$\eta = 90 - \theta_0 \quad (2.7)$$

$$\eta = 90^\circ - 15,5^\circ = 74,5^\circ \approx 75^\circ$$

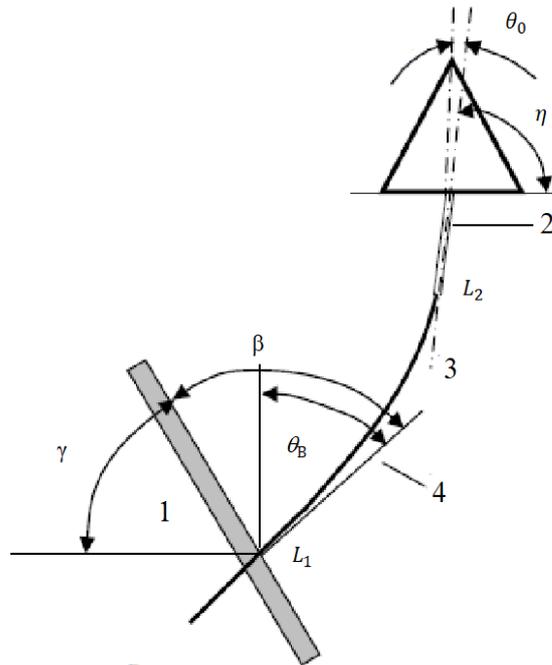


Рисунок 2.2. – Профиль скважины при пересечении первого пласта полезного ископаемого: 1-первый пласт полезного ископаемого; 2-обсадная колонна; 3-ствол скважины ниже обсадной колонны; 4-касательная к оси скважины в точке встречи с кровлей пласта

### 2.2.3. Разработка конструкций скважины

Комплексом ССК бурение осуществляется специальными алмазными коронками в породах с V по VI категории буримости, что соответствует породам геологического разреза на участке работ. Поэтому работы будут вестись одним типом ПРИ.

Учитывая вышеизложенное, рационален спуск направляющей колонны обсадных труб на интервале 0–11 м, диаметром 114,3 мм, для установки направляющей колонны необходимо изначально пробурить диаметром 96 мм, после чего использовать башмачную коронку НWT и обсадную трубу НW, типоразмеры которых представлены в таблице 2.6 и 2.7.

Таблица 2.6 – Типоразмеры башмачных коронок

РАЗМЕР	AW	BW	NW	HWT	PW
Наружный	59.6	75.3	91.8	117.4	143.5
Внутренний	48.2	60.1	75.9	99.8	121.3

Таблица 2.7. – Типоразмеры обсадных труб

РАЗМЕР	Наружный диаметр		Внутренний диаметр		Вес (кг/3м)
	мм	дюйм	мм	дюйм	
HW (HWT)	114.3	4-1/2	101.6	4	50.5

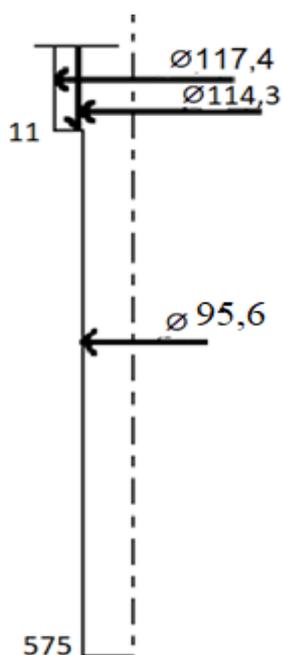


Рисунок 2.3. – Конструкция скважины

## 2.4. Выбор буровой установки

Для выбора оптимальной буровой установки для данных геологических условий необходимо учитывать глубину бурения, залегающие породы, цель и способ бурения. Глубина залегания полезного ископаемого позволяет использовать для бурения передвижные буровые установки. Назначение скважин заключается в разведке рудного золота, следовательно, необходимо отбирать керн для

дальнейшего исследования. Породы, слагающие разрез представлены V и VI категориями пород по буримости.

Глубина скважины составляет 575 м при конечном диаметре 95.6 мм. Всем геолого-техническим условиям удовлетворяет выбор станка колонкового бурения Atlas Copco – Christensen CT20.

Буровая установка для колонкового бурения Atlas Copco Christensen CT20 предназначена для бурения глубоких скважин с поверхности. Установка укомплектована звукоизолирующим навесом двигателя, плитами от разлива нефти и двигателем с малым уровнем выбросов Tier 3.

Преимущества:

Для повышения безопасности подъемник, лебедка и вращательный блок сконструированы с защитными ограждениями, также имеется кнопка аварийной остановки и предохранительные дорожные ограждения;

Производительность установки оптимизирует усовершенствованная система подачи;

Сборка станка простая, благодаря четырем регулируемым гидравлическим опорам, складной мачте и мачтовому сбросу;

Atlas Copco предлагает заказчикам техническое обслуживание установки: корректирующие мероприятия по устранению неисправностей и отказов, профилактический и капитальный ремонт.

Таблица 2.8. – Технические характеристики Christensen CT20

Глубина бурения НК/НҚ ( $\approx 99$ ), м	1600
Ход подачи, мм	3500
Режим подачи	быстрый/медленный/с плавной регулировкой
Усилие подачи, кН	100
Усилие подъема, кН	200
Угол наклона скважины	Вертикально вниз + 45 град.
Макс. длина свечи, м	9,0
Кол-во ступеней редуктора вращателя	Четыре
Макс./мин. крутящий момент на вращателе, Н.м	6245 при 110 об/мин и 815 при 1300 об/мин
Макс. внутренний диаметр штангодержателя, мм	210
Дизельный привод силовой установки	CUMMINS QSL9, 8,8 л, с водяным охл., турбо
Мощность и частота вращения дизеля	224 кВт (305 л.с.) при 2000 об/мин
Грузоподъемность основной лебедки / скорость навивки / диаметр троса	17800 кг / 36 м/мин / трос 22 мм
Грузоподъемность лебедки ССК / скорость навивки	1800/420 кг, 76–337 м/мин
Общая масса, кг	18 000



Рисунок 2.4. – Буровая установка Christensen CT20

### **2.4.1. Буровой насос**

В комплект с установкой входит буровой насос TRIDO-140H. Характерная конструкция насоса с тремя цилиндрами обеспечивает постоянный равномерный поток жидкости с минимальными флуктуациями. TRIDO 140 оборудован шаровыми клапанами с седлами из нержавеющей стали и удобны в обслуживании даже в самых неблагоприятных условиях эксплуатации. Гильзы цилиндров выполнены из нержавеющей стали с керамическим уплотнением, обеспечивающим исключительно высокую износостойчивость. Аккумулятор, клапан с регулируемым равномерным потоком или другие вспомогательные приспособления могут быть смонтированы непосредственно в распределительном блоке. Обладает теоретическим максимум производительности 140 л/мин, и максимальным давлением 70 бар.



Рисунок 2.5. – Буровой насос TRIDO-140Н

Таблица 2.9. – Технические характеристики бурового насоса TRIDO-140Н

Конфигурация	горизонтальный
Кол-во поршней	3
Диаметр поршня, мм	69,9
Длина хода, мм	69,9
Нагрузка на раму, кг	2722
Максимальная скорость приводного вала об/мин	900
Минимальная скорость приводного вала об/мин	360
Тип клапана	Дисковый/шаровый
Вес насоса, кг	197
Максимальное давление, бар	68,95
Максимальный литраж, л/мин	201

#### 2.4.2. Буровая мачта. Буровое здание

Удлинитель мачты (1) располагается в верхней части мачты. Со стандартным складным удлинителем мачты общая длина удлинения мачты составляет 3,52 м. С кронблоком общая длина 14,42 м. Кронблок (2) расположен на удлинителе мачты. В качестве опор мачты можно использовать трёхметровые алюминиевые трубы диаметром 49 мм. Тросовая лебедка устанавливается на стойке мачты и не требует перемещения при изменении угла бурения.

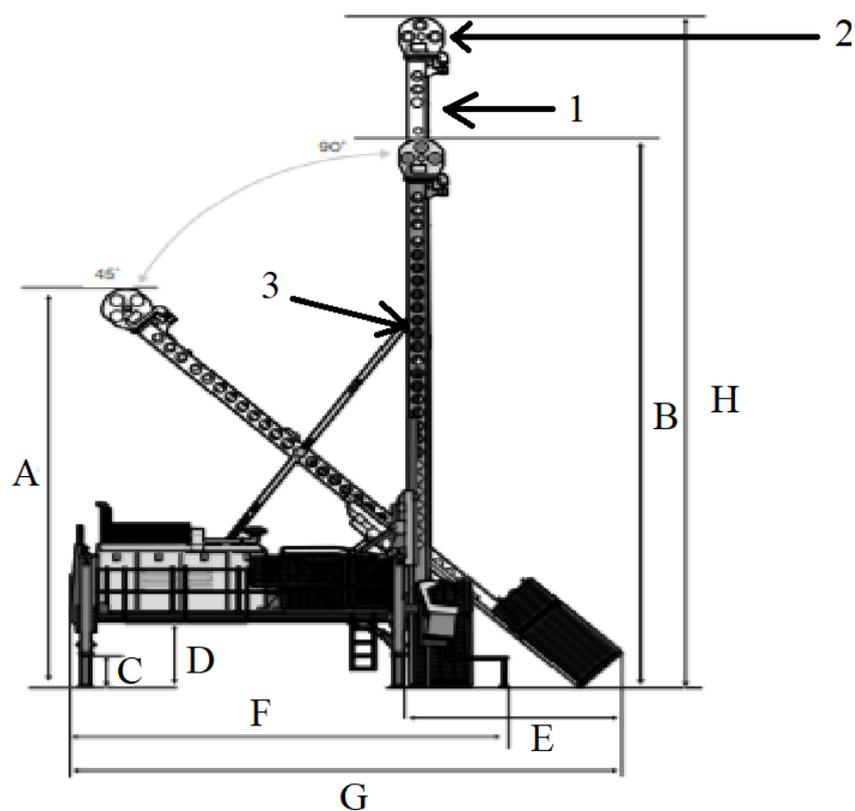


Рисунок 2.6. – Установка Christensen CT20 с мачтой:

1 – Верхняя секция мачты; 2 – Кронблок; 3 – Скоба обратной опоры.

Буровое здание Дальнетеххимзащита (ДТХЗ). ЗАО «ДТХЗ» имеет опыт изготовления передвижных буровых разборных зданий на санном основании (в том числе для буровых установок Boart Longyear) – это уникальная разборная конструкция, на которую получен патент на изобретение (Патентообладатель – ЗАО «ДАЛЬТЕПЛОХИМЗАЩИТА»).

Данная конструкция бурового здания (СРБЗ) состоит из следующих элементов:

1. Не разборное санное основание (8,70x2,23 м) и доборные консольные элементы, увеличивающие рабочую ширину пола (с 2,23 м до 3,70 м);
2. Сборно-разборное помещение (8,00x3,70 м) из отдельных стеновых и потолочных панелей;
3. Комплект вспомогательных металлоконструкций:
  - усиленное транспортное дышло – 1 шт.;
  - лестница (для подъёма на кровлю);

- подпорные стойки (для потолочных панелей) – 2 шт.;
- трапы (к воротам и запасному выходу);
- потолочные крышки.

Комплект разборного бурового здания (с комплектующими металлоконструкциями) можно перевозить на трале, полуприцепе, ж/д платформе или в стандартном 40 фут. контейнере, что не требует дополнительных согласований и разрешений на перевозку, так как данный груз не является не габаритным.

ЗАО «ДТХЗ» устанавливает гарантийный срок на качество выполненных работ в течение одного года со дня сдачи объекта и подписания акта сдачи-приёмки (место сдачи работ – г. Хабаровск, ул. Хабаровская, 15).

Мы строительная организация и поэтому работаем с Заказчиками на основе договора подряда на выполнение необходимых строительно-монтажных работ (изготовление металлоконструкций различной сложности). По завершению работ мы предоставляем Акт выполненных работ по форме КС-2 и Справку о стоимости работ по форме КС-3.

Благодаря запатентованной конструкции, разборные буровые здания ДТХЗ на санях могут быть использованы для работы буровых установок Boart Longyear (LF-70, LM-75, LF-90C, LF-90D, LF-230), а также станков колонкового бурения Atlas Copco (CHRISTENSEN CS 14) и др.

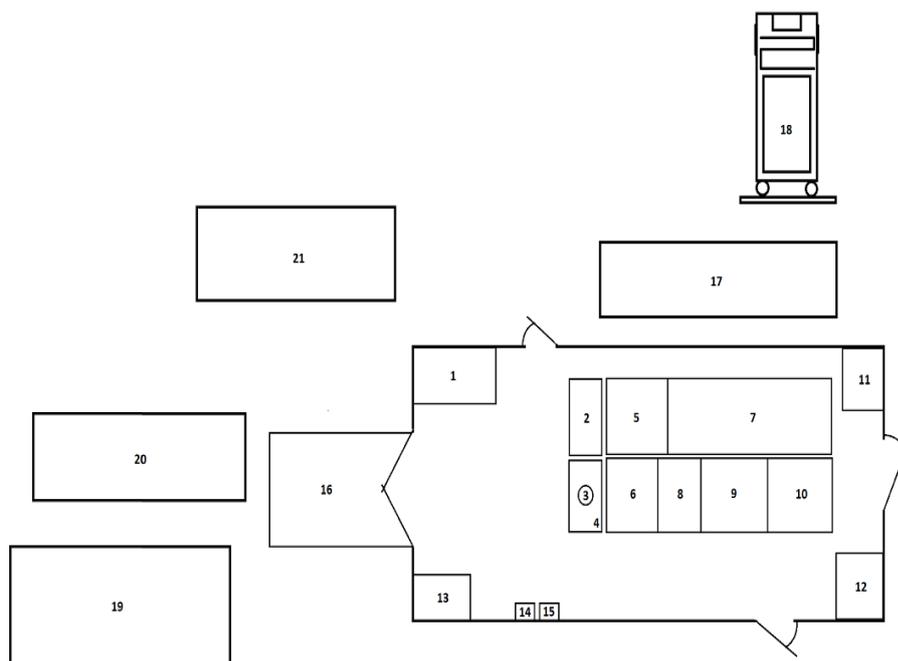


Рисунок 2.7. – Схема расположения техники и оборудования в буровом здании:  
 1-водогрейная печь, 2-панель управления, 3-трубодержатель, 4-вращатель, 5-гидравлическая система насосов, 6-главная лебедка, 7-дизельная силовая установка Cummins QSB, 8-лебедка ССК, 9-топливный бак, 10-вентилятор охлаждения, 11-ящик с дополнительным оборудованием от аварийных ситуаций, 12-гидравлический насос TRIDO 140Н, 13-верстак и инвентарь для бурения, 14-противопожарный ящик с песком, 15- шкаф пожарный для огнетушителя, 16-трап для бурильных труб, 17-емкость с промывочной жидкостью, 18-место подъезда водовозки и размещение откатников, 19-вагон с буровыми штангами, 20-место подъезда самоходной каротажной станции, 21 – место высадки буровой бригады.

### 2.4.3. Выбор бурильных труб

Исходя из раздела конечного диаметра, были выбраны бурильные трубы компании Atlas Copco с съёмным керноприемником диаметром 88,9 мм, диаметры указаны в таблице 2.4. Имеют прочную, поверхностно закаленную и термически обработанную резьбу. Средняя часть трубы весьма гибкая.

Максимальное тяговое усилие – 200кН;

Максимальный крутящий момент – 1300 Нм.

## 2.5. Выбор технологического бурового инструмента и расчет технологических режимных параметров бурения

### 2.5.1. Выбор технологического оборудования

Если обратимся к таблице 2.2, то увидим, что разрез сложен средними по твердости породами с возможными прослоями твердых пород.

В данный момент бурение снарядом ССК ведется в основном импрегнированными алмазными коронками. На рынке представлен широкий ассортимент как зарубежных, так и отечественных производителей.

За выбором технологического оборудования обратимся к компании FORDIA, рисунок 2.8.

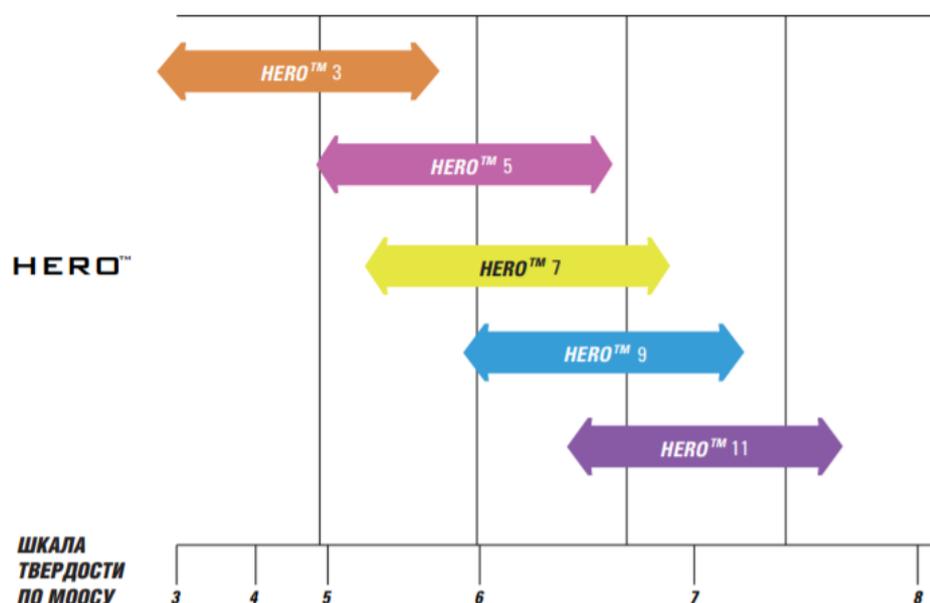


Рисунок 2.8 – Область применения буровых коронок компании FORDIA линейки HERO

Так как разрез представлен сланцами V–VI категорий по буримости, то идеальным вариантом для бурения по данным породам будут коронки HQ HERO 7.

### 2.5.2. Технологические режимные параметры бурения

Режим бурения - совокупность количественных значений параметров, определяющих процесс углубки скважины. Параметры режима бурения служат для управления процессом бурения. Основными параметрами режима являются:

осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент (ПРИ) -  $G_0$ , частота вращения ПРИ -  $n$ , расход очистного агента на забое скважины –  $Q$ .

Таблица 2.11. – Рекомендованные режимы бурения импрегнированными коронками HQ компании «FORDIA»

Расход промывочной жидкости, л/мин	Частота вращения коронки, об/мин	Скорость бурения (см/мин) при индексе об/см		Давление на коронку, кгс
		80 об/см	100 об/см	
Коронка HQ				
38-45	1000	13	10	1800-3600
	600	8	6	

Осевая нагрузка на алмазные коронки  $G_0$  (кН) определяем по формуле

$$G_0 = \alpha \cdot C_y \cdot S \quad (2.8)$$

где  $\alpha$ -коэффициент учитывающий трещиноватость и абразивность пород; для монолитных, малоабразивных пород = 1, для трещиноватых и сильноабразивных = 0,7-0,8;

$C_y$  – удельная нагрузка на 1 см<sup>2</sup> рабочей площади торца коронки, кПа;

$S$  – рабочая площадь торца алмазной коронки, см<sup>2</sup>

$$S = \beta \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_H^2 - D_B^2) \quad (2.9)$$

где  $D_H$  и  $D_B$  – соответственно, наружный и внутренний диаметры коронки, см;

$\beta$  – коэффициент уменьшения площади торца коронки за счет промывочных каналов; для большинства алмазных коронок = 0,8, для зубчатых = 0,6.

Расчет количества подаваемой на забой скважины промывочной жидкости  $Q$  (л/мин) производится по формуле:

$$Q = k \cdot q_T \cdot D_H \quad (2.10)$$

где  $D_H$  – наружный диаметр коронки,

$q_T$  – удельное количество подаваемой жидкости, л/мин на 1 см наружного диаметра  $D_n$  алмазной коронки;

$k$  – коэффициент, учитывающий абразивность и трещиноватость горных пород; для монолитных и малоабразивных пород  $k=1$ , для абразивных и сильноабразивных пород  $k=1,3-1,4$ .

Рассчитываем осевую нагрузку и интенсивность промывки для алмазной коронки типа НWT.

$$G_0 = 0,8 \cdot 0,5 \cdot 24 = 960 \text{ даН,}$$

$$S = 0,8 * \frac{\pi}{4} * (11,74^2 - 9,98^2) = 24,$$

$$Q = 1,4 \cdot 8 \cdot 11,74 = 131 \text{ л/мин}$$

Рассчитываем осевую нагрузку и интенсивность промывки для алмазной коронки типа НQ.

$$S = 0,8 * \frac{\pi}{4} * (9,56^2 - 6,35^2) = 32,1,$$

$$G_0 = 0,8 \cdot 0,5 \cdot 32,1 = 1284 \text{ даН,}$$

$$Q = 1,3 \cdot 12 \cdot 9,56 = 149 \text{ л/мин}$$

Все расчеты заносим в таблицу по расчету режимных параметров.

Таблица 2.12. – Сводные сведения по расчету режимных параметров

№ п/п	Интервал, м	Порода	Тип ПРП	Диаметр коронки, мм	Осевая нагрузка, даН		Частота, об/мин		Расход ПЖ л/мин	
					расчетный	уточненный	рекомендованная	уточненный	расчетный	уточненный
1	0-11	Сланцы алевритистые и известково-сланцевые с прослоями песчанистых известняков	HWT	117,4	960	1800	127	150	131	120
2	11-575	Сланцы углеродистые филлитровидные, алевритистые; Алевролиты слабоуглеродистые Сланцы алевритистые	HQ	95,6	1284	1800	600-1000	642; 832	149,1	120

### 2.5.3. Промывочная жидкость

Так как буровые работы будут проводиться в устойчивых породах, т в качестве буровой жидкости будет использоваться техническая вода. Для хранения воды предусматривается дополнительная ёмкость.

Места проведения работ покрыты многолетнемерзлыми породами, их температура составляет -1,5–2°. Это говорит о том, что при длительной остановке циркуляции раствора в скважине, во избежание замерзания, в техническую воду предусматривается добавление соли NaCl в размере 4% по массе.

Определение нужного количества соли для приготовления раствора различной концентрации можно из формулы:

$$P_c = \frac{nQ_B}{100 - n} \quad (2.11)$$

где  $n$  – концентрация соли, %;

$Q_B$  – вес воды, кг;

$P_c$  – вес соли, кг.

Для 5 м<sup>3</sup> воды вес добавления соли:

$$P_c = \frac{4 * 5000}{100 - 4} = 208,3 \text{ кг}$$

В целях экономия рассчитаем приблизительный объём скважины. Для начала найдём площадь кольцевого пространства, занятого бурильными трубами.

$$S_6 = \pi * (R^2 - r^2) \quad (2.12)$$

где  $S_6$  – площадь кольцевого пространства,  $\text{см}^2$ ;

$R$  – наружный радиус бурильных труб,  $\text{см}$ ;

$r$  – внутренний радиус труб,  $\text{см}$ .

$$S_6 = \pi * (19,75^2 - 15,13^2) = 14,5$$

Площадь занятой водой, находится по формуле:

$$S_B = \pi * R_{\text{СКВ}}^2 - S_6 \quad (2.13)$$

где  $S_B$  – площадь, занятая водой,  $\text{см}^2$ ;

$R_{\text{СКВ}}$  – радиус скважины,  $\text{см}$ .

$$S_B = \pi * 22,8^2 - 14,5 = 57,24 = 0,005724 \text{ м}^2$$

Объём воды  $V$  в скважине находим по формуле:

$$V = S_B * L_{\text{СКВ}} \quad (2.14)$$

$$V = 0,005724 * 575 = 3,2 \text{ м}^3$$

Тогда требуемый вес соли составит:

$$P_c = \frac{4 * 3200}{96} = 133,3 \text{ кг}$$

## 2.6. Проверочные расчеты бурового оборудования

### 2.6.1. Проверочные расчеты мощности буровой установки

Привод бурового станка включается в работу или для бурения, или для проведения СПО. Мощность привода рассчитывается исходя из необходимой мощности на бурение скважины, обычно на конечной глубине. Мощность буровой установки затрачивается в большей части непосредственно на бурение и на питание привода бурового насоса, а на работу лебедки и освещения затрачивается незначительная её часть. Следовательно, произведем расчет затрат мощности только основных потребителей.

Буровая установка имеет в своем составе двигатель CUMMINS QSL9 с мощностью 224 кВт (305 л. с.).

Проведение расчетов позволяет сделать выводы о правильности выбора и назначения режима работы бурового оборудования, сделать выводы по оптимизации режима его работы.

$$N_B = N_{CT} + N_{TP} + N_3 \quad (2.15)$$

где  $N_B$  – суммарная мощность, кВт;

$N_{CT}$  – затраты мощности для привода бурового станка, кВт;

$N_{TP}$  – мощность на вращение буровой колонны, кВт;

$N_3$  – мощность на разрушение забоя, кВт.

$$N_B = 39,2 + 28 + 18,6 = 85,83 \text{ кВт}$$

### 2.6.2. Определение затрат мощности для привода силовой кинематики станка

Затраты мощности для привода самой силовой кинематики станка  $N_{CT}$  (в кВт) находятся как:

$$N_{CT} = N_{ДВ} \cdot (0,75 + 0,00012 \cdot n) \quad (2.16)$$

где  $N_{ДВ}$  – номинальная мощность привода (двигателя) станка.

$$N_{CT} = 224 \cdot (0,075 + 0,00012 \cdot 832) = 39,2 \text{ кВт}$$

### 2.6.3. Определение затрат мощности на вращение колонны буровых труб

При высоких частотах вращения (свыше 500 об/мин) В.Г. Кардышем, Б.В. Мурзаковым и А.С. Окмянским предлагается уточнённая формула, которая при незначительном преобразовании (В.Г. Храменков) приводится к виду:

$$N_{TP} = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 * \left[ 1,6 * 10^{-8} (1 + 0,6i) \frac{0,9 + 0,2\delta}{1 + 0,013\delta} * \frac{Dq}{(EJ)^{0,16}} * n^{1,85} L_{СКВ}^{0,75} * \right. \\ \left. (1 + 0,44 * \sin \theta_{cp}) + 2 * 10^{-7} * \delta * n * G_{oc} \right] \quad (2.17)$$

где  $L_{СКВ}$  – глубина скважины в метрах;

$K_1 = 0,6$  – при применении эмульсионных растворов;  
 $K_2 = 1$  – при нормальном геологическом разрезе;  
 $K_3 = 1$  – для ниппельного соединения бурильных труб;  
 $K_4 = 1,1$  – для бурильных труб повышенного качества с ниппельным соединением (кривизна 0,25–0,30 мм на 1 м);

$K_5 = 1,0$  – для стальных бурильных труб;

$E = 2 \cdot 10^6$  кгс/см<sup>2</sup> – модуль продольной упругости для стали;

$\delta$  – зазор (в мм) между стенками скважины и бурильными трубами;

$n$  – частота оборотов бурильного вала, об/мин;

$J$  – экваториальный момент инерции бурильных труб, см<sup>4</sup>

$q$  – средняя масса 1 м бурильных труб, кг/м;

$\theta_{\text{ср}}$  – средний зенитный угол скважины, град.;

$D$  – диаметр скважины, мм;

$G_{\text{ос}}$  – осевая нагрузка, даН;

Зазор между стенками скважины и бурильными трубами (в мм) равен:

$$\delta = 0,5 * (d_{\text{скв}} - d_{\text{н}}) \quad (2.18)$$

$$\delta = 0,5 * (95,6 - 89) = 3,3 \text{ мм}$$

Средний зенитный угол скважины при неизменной интенсивности искривления по глубине скважины может быть определен по формуле:

$$\theta_{\text{ср}} = \theta_0 + 0,005 * i * L_{\text{скв}} \quad (2.19)$$

$$\theta_{\text{ср}} = 15,5^\circ + 0,005 * 1,5 * 575 = 19,8^\circ$$

Округляем полученное значение до 79°

При неизменной интенсивности искривления по глубине скважины.

$$\begin{aligned}
 N_{\text{тр}} &= 0,6 * 1 * 1 * 1,1 * 1,0 \\
 &* \left[ 1,6 * 10^{-8} (1 + 0,6 * 1,5) \frac{0,9 + 0,02 * 3,3}{1 + 0,013 * 3,3} * \frac{95,6 * 11,5}{(2 * 10^6 * 126,7)^{0,16}} \right. \\
 &* 832^{1,85} 575^{0,75} * (1 + 0,44 * \sin 19,8^\circ) + 2 * 10^{-7} * 3,3 * 832 \\
 &\left. * 1800 \right] = 28 \text{ кВт}
 \end{aligned}$$

#### 2.6.4. Определение затрат мощности на работу породоразрушающего инструмента

При бурении алмазными и твердосплавными коронками горных пород забойная мощность  $N_3$  (в кВт) определяется по формуле:

$$N_3 = 2,67 * 10^{-7} * \left( \mu_0 + 16,7 * \text{ГП} * \frac{V_{\text{мех}}}{n} \right) * (D_{\text{н}} + D_{\text{в}}) * G_{\text{ос}} * n \quad (2.20)$$

где  $\mu_0$  – коэффициент, характеризующий трение породоразрушающего инструмента о горную породу;

ГП – коэффициент, учитывающий физико-механические свойства горных пород и характер разрушения;

$V_{\text{мех}}$  – механическая скорость бурения, м/ч

$D_{\text{н}}$  и  $D_{\text{в}}$  – наружный и внутренний диаметры коронки, мм;

$G_{\text{ос}}$  – осевая нагрузка, даН

$$N_3 = 2,67 * 10^{-7} * \left( 0,08 + 16,7 * 6,5 * \frac{2,5}{832} \right) * (95,6 + 63,5) * 1800 * 832 \\ = 25,8 \text{ кВт}$$

#### 2.6.5. Определение запаса прочности бурильных труб в любом сечении сжатой части колонны

Расчет колонны бурильных труб в нижнем сечении сводится к статическому расчету на сложное напряженное состояние.

Предел текучести для стали 36Г2С составляет 5000 кгс/см<sup>2</sup>

Запас прочности бурильных труб для любого сечения сжатой части определяется по формуле:

$$n_{\text{сж}} = \frac{[\sigma_{\text{м}}]}{\sigma_{\Sigma\text{с}}} \geq 1,7 \quad (2.21)$$

где  $\sigma_{\text{м}}$  – предел прочности материала бурильных труб, кгс/см<sup>2</sup>

$\sigma_{\Sigma\text{с}}$  – суммарное напряжение от одновременного действия сил сжатия, изгиба и кручения:

$$\sigma_{\Sigma c} = \sqrt{(\sigma_{сж} + \sigma_{изг})^2 + 4\tau_{кр}^2} \quad (2.22)$$

где  $\sigma_{сж}$  – напряжение сжатия, кгс/см<sup>2</sup>:

$$\sigma_{сж} = \frac{\varphi * P_{сж}}{F} \quad (2.23)$$

$$\sigma_{сж} = \frac{1,2 * 983}{40,1} = 29,5 \text{ кгс/см}^2$$

где  $\varphi$  – коэффициент, учитывающий уменьшение поперечного сечения трубы в месте нарезки резьбы; для труб ниппельного соединения  $\varphi = 1.2$ ;

$P_{сж}$  – усилие сжатия в рассматриваемом сечении, кгс.

$$P_{сж} = q \cdot z \cdot \left(1 - \frac{\gamma_{ж}}{\gamma_{м}}\right) \cdot (\cos\theta_{ср \cdot z} - f_{тр} \cdot \sin\theta_{ср \cdot z}) \quad (2.24)$$

где  $q$  – средняя масса 1 м бурильных труб, кг/м;

$f_{тр}$  – коэффициент трения буровой колонны о лежащую стенку скважины ( $f_{тр} = 0,3$  – при бурении кристаллических пород с малым содержанием кварца);

$\gamma_{ж}$  и  $\gamma_{м}$  – удельный вес промывочной жидкости и металла бурильных труб (удельный вес стали  $7.85 \text{ г/см}^3$ ;  $\gamma_{ж} = 1,05 \text{ г/см}^3$ );

$z$  – длина участка колонны от рассматриваемого сечения до нулевого, м (если рассматриваемое сечение находится у забоя, то  $z = L_0$ );

$L_0$  – расстояние от нулевого сечения до забоя, м.

В сечении бурильных труб у забоя  $P_{сж} = G_{ос}$ .

Расстояние от нулевого сечения до забоя определяем по формуле:

$$L_0 = \frac{G_{ос}}{q * \left(1 - \frac{\gamma_{ж}}{\gamma_{м}}\right)} \quad (2.25)$$

$$z = L_0 = \frac{1800}{7.8 * \left(1 - \frac{1,06}{7.85}\right)} = 266,8 \text{ м}$$

Сечение бурильных труб определяем по формуле:

$$F = \frac{\pi}{4} * (d_{н}^2 - d_{в}^2) \quad (2.26)$$

$$F = \frac{\pi}{4} * (8,89^2 - 7,78^2) = 14.53 \text{ см}^2$$

где  $d_n$  и  $d_b$  – соответственно наружный и внутренний диаметры бурильных труб, см.

При неизменной интенсивности искривления  $i$  по всей скважине  $\theta_{срз}$  может быть определено (в град.):

$$\theta_{срз} = \theta_0 + 0,005 * (L_{нз} + L_{кз}) * i \quad (2.27)$$

где  $L_{нз}$ ,  $L_{кз}$  – глубина конца и начала участка  $z$ , м.

$$\theta_{срз} = 15,5 + 0,005 * (575 + 308,2) = 19,9^\circ$$

$$P_{сж} = 7,8 * 266,8 * \left(1 - \frac{1,06}{7,85}\right) * (\cos 19,9 - 0,1 * \sin 19,9) = 1631,28 \text{ кгс}$$

$$\sigma_{сж} = \frac{1,2 * 1631,28}{14,53} = 134,72 \text{ кгс/см}^2$$

Напряжение изгиба вызывается потерей устойчивости буровой колонны и определяем по формуле:

$$\sigma_{изг} = \frac{\pi^2 * EJ * f}{l^2 * W_{изг}} \quad (2.28)$$

где  $l$  – длина полуволны прогиба бурильных труб, см;

$E$  – модуль продольной упругости, кгс/см<sup>2</sup> (для стали  $E = 2 * 10^6$  кгс/см<sup>2</sup>);

$J$  – экваториальный момент инерции сечения бурильных труб, см<sup>4</sup>;

$W_{изг}$  – полярный момент сопротивления сечения бурильных труб при изгибе, см<sup>3</sup>;

$f$  – стрела прогиба бурильных труб в рассматриваемом сечении, см.

$$J = \frac{\pi}{64} * (d_n^4 - d_b^4) \quad (2.29)$$

$$J = \frac{\pi}{64} * (8,89^4 - 7,78^4) = 126,7 \text{ см}^4$$

Стрела прогиба бурильных труб в рассматриваемом сечении определяем по формуле:

$$f = 0,5 * (D - d_n) \quad (2.30)$$

$$f = 0,5 * (9,56 - 8,89) = 0,335 \text{ см}$$

где  $D$  – диаметр скважины (или внутренний диаметр обсадных труб), см.

Полярный момент сопротивления сечения бурильных труб при изгибе определяем по формуле:

$$W_{\text{изг}} = \frac{\pi}{32} * \frac{d_{\text{H}}^4 - d_{\text{B}}^4}{d_{\text{H}}} \quad (2.31)$$
$$W_{\text{изг}} = \frac{\pi}{32} * \frac{8,89^4 - 7,78^4}{8,89} = 28,5$$

Длину полуволны прогиба бурильных труб определяем по формуле:

$$l = \frac{10}{\omega} \sqrt{-0,5z + \sqrt{0,25z^2 + \frac{EJ\omega^2}{10^3 qg}}} \quad (2.32)$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращения,  $c^{-1}$ ;

$g$  – ускорение силы тяжести,  $m/c^2$  ( $g = 9,82 m/c^2$ ).

Значение  $l$  уточняется согласно рекомендациям Г. М. Саркисова: при расчетной  $l$ , которая больше длины бурильной трубы  $l_{\text{тб}}$  (т. е. расстояния между соединениями), значение  $l$  принимается равным  $l_{\text{тб}}$ .

Угловую скорость вращения определяем по формуле:

$$\omega = \frac{\pi * n}{30} \quad (2.33)$$
$$\omega = \frac{\pi * 832}{30} = 87,08 c^{-1}$$

Определяем напряжение кручения по следующей формуле

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{кр}}}{W_{\text{кр}}} \quad (2.34)$$

где  $M_{\text{кр}}$  – крутящий момент на вращение части колонны, расположенной ниже рассматриваемого сечения, и на вращение породоразрушающего инструмента с разрушением горных пород,  $кгс*см$ ;

$W_{\text{кр}}$  – полярный момент сопротивления сечения бурильных труб при кручении,  $см^3$ .

Полярный момент сопротивления сечения бурильных труб при кручении определяем по формуле:

$$W_{кр} = \frac{\pi}{16} * \frac{d_H^4 - d_B^4}{d_H} \quad (2.35)$$

$$W_{кр} = \frac{\pi}{16} * \frac{8,89^4 - 7,78^4}{8,89} = 57 \text{ см}^3$$

Крутящий момент на вращение части колонны, расположенной ниже рассматриваемого сечения, определяем по формуле:

$$M_{кр} = 94700 * \frac{N}{n} \quad (2.36)$$

где N – мощность на вращение части колонны, расположенной ниже рассматриваемого сечения, и на работу ПРИ, кВт (при рассмотрении сечения у забойной части колонны  $N = 1,5 * N_3$ );

n – частота вращения, об/мин.

$$N = 1,5 * 25,8 = 38,7 \text{ кВт}$$

$$M_{кр} = 94700 * \frac{38,7}{832} = 4404,9 \text{ кгс} * \text{см}$$

$$\tau_{кр} = \frac{4404,9}{57} = 77,3 \text{ кгс/см}^2$$

$$l = \frac{10}{87,08} \sqrt{-0,5 * 266,8 + \sqrt{0,25 * 266,8^2 + \frac{2 * 10^6 * 126,7 * 87,08^2}{10^3 * 7,8 * 9,8}}} = 0,98 \text{ м}$$

$$\sigma_{изг} = \frac{\pi^2 * 2 * 10^6 * 126,7 * 0,335}{300^2 * 28,5} = 326,3 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$$

Суммарного напряжения определяем по формуле:

$$\sigma_{\Sigma c} = \sqrt{(326,3 + 134,72)^2 + 4 * 77,3^2} = 486,25 \text{ кгс/см}^2$$

Запас прочности бурильных труб для любого сечения сжатой части определяем по формуле:

$$n_{сж} = \frac{3700}{486,25} = 7,6 > 1,7$$

На основе данных расчетов можно сделать вывод о том, что расчетный запас прочности бурильных труб нижнего сечения сжатой части превышает допустимый запас прочности, следовательно, бурильные трубы в нижнем сечении при заданных режимах бурения не должны выходить из строя.

### 2.6.6. Определение запаса прочности бурильных труб в любом сечении растянутой части колонны

Запас прочности  $n_p$  для любого сечения растянутой части буровой колонны определяется по формуле:

$$n_p = \frac{[\sigma_m]}{\sigma_{\Sigma p}} \geq 1,4 \quad (2.37)$$

где  $\sigma_{\Sigma p}$  – суммарное напряжение от одновременного действия сил растяжения, изгиба и кручения, кгс/см<sup>2</sup>.

Для определения суммарного напряжения от одновременного действия сил растяжения, изгиба и кручения воспользуемся следующей формулой:

$$\sigma_{\Sigma p} = \sqrt{(\sigma_p + \sigma_{\text{изг}})^2 + 4\tau_{\text{кр}}^2} < [\sigma_m] \quad (2.38)$$

где  $\sigma_p$  – напряжение растяжения, кгс/см<sup>2</sup>.

Напряжение растяжения определяем по формуле:

$$\sigma_p = \frac{\varphi * P_p}{F} \quad (2.39)$$

где  $P_p$  – усилие растяжения в рассматриваемом сечении, кгс.

$$P_p = q * z * \left(1 - \frac{\gamma_{\text{ж}}}{\gamma_{\text{м}}}\right) * (\cos\theta_{\text{ср.з}} - f_{\text{тр}} * \sin\theta_{\text{ср.з}}) \quad (2.40)$$

Длина участка колонны от рассматриваемого сечения до нулевого, м:

$$z = L_{\text{СКВ}} - L_0 \quad (2.41)$$

$$z = 575 - 266,8 = 308,2 \text{ м}$$

При неизменной интенсивности искривления  $i$  по всей скважине  $\theta_{\text{ср.з}}$  может быть определено (в град.):

$$\theta_{\text{ср.з}} = \theta_0 + 0,005 * (L_{\text{НЗ}} + L_{\text{КЗ}}) * i \quad (2.42)$$

$$\theta_{\text{ср.з}} = 15,5 + 0,005 * (0 + 308,2) * 1,5 = 17,8^\circ$$

Длину полуволны прогиба бурильных труб определяем по формуле:

$$l = \frac{10}{\omega} \sqrt{0,5z + \sqrt{0,25z^2 + \frac{EJ\omega^2}{10^3 qg}}} \quad (2.43)$$

Мощность на вращение части колонны, расположенной ниже рассматриваемого сечения, и на работу ПРИ определяем с помощью формулы:

$$N = N'_{\text{тр}} + N_3 \quad (2.44)$$

где  $N'_{\text{тр}}$  – мощность на собственно вращение части колонны бурильных труб: от рассматриваемого сечения до забоя, кВт

$$\begin{aligned} N'_{\text{тр}} &= 0,6 * 1 * 1 * 1,1 * 1,0 \\ &* \left[ 1,6 * 10^{-8} (1 + 0,6 * 1,5) \frac{0,9 + 0,02 * 3,3}{1 + 0,013 * 3,3} * \frac{95,6 * 11,5}{(2 * 10^6 * 126,7)^{0,16}} \right. \\ &* 832^{1,85} 575^{0,75} * (1 + 0,44 * \sin 17,8^\circ) + 2 * 10^{-7} * 3,3 * 832 \\ &\left. * 1800 \right] = 26 \text{ кВт} \end{aligned}$$

$$N = 26 + 18,6 = 46,6 \text{ кВт}$$

Крутящий момент на вращение части колонны:

$$M_{\text{кр}} = 94700 * \frac{46,6}{832} = 5304,1 \text{ кгс * см}$$

Напряжение кручения определяем по формуле:

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{5304,1}{57} = 93,05 \text{ кгс/см}^2$$

Усилие растяжения прочности:

$$P_{\text{сж}} = 7,8 * 308,2 * \left(1 - \frac{1,06}{7,85}\right) * (\cos 17,8 - 0,1 * \sin 17,8) = 1916,3 \text{ кгс}$$

Определяем напряжения растяжения:

$$\sigma_{\text{р}} = \frac{1,2 * 1916,3}{14,53} = 158,3 \text{ кгс/см}^2$$

Определяем длину полуволны прогиба бурильных труб:

$$l = \frac{10}{87,08} \sqrt{0,5 * 308,2 + \sqrt{0,25 * 308,2^2 + \frac{2 * 10^6 * 126,7 * 87,08^2}{10^3 * 7,8 * 9,8}}} = 8,2 \text{ м}$$

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{\pi^2 * 2 * 10^6 * 126,7 * 0,335}{300^2 * 28,5} = 326,3 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$$

Суммарного напряжения определяем по формуле:

$$\sigma_{\Sigma p} = \sqrt{(326,3 + 158,3)^2 + 4 * 77,3^2} = 508,6 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \leq 3700 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$$

Определяем запас прочности верхнего сечения растянутой части буровой колонны:

$$n_{\text{сж}} = \frac{3700}{508,6} = 7,27 > 1,4$$

На основе данных расчетов можно сделать вывод о том, что расчетный запас прочности верхнего сечения растянутой части буровой колонны превышает допустимый запас прочности, следовательно, бурильные трубы верхнего сечения при заданных режимах бурения не должны выходить из строя.

### 2.6.7. Определение запаса прочности бурильных труб в нулевом сечении

Запас прочности бурильных труб в нулевом сечении определяется по формуле:

$$n_0 = \frac{n_{\sigma} * n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} \geq 1,3 \quad (2.45)$$

где  $n_{\sigma}$  и  $n_{\tau}$  – запас прочности по нормальным и касательным напряжениям, соответственно.

$$n_{\sigma} = \frac{[\sigma_{-1}]}{\sigma_{\text{изг}} * k_y} \geq 1,3 \quad (2.46)$$

где  $[\sigma_{-1}]$  – предел выносливости материала бурильных труб при изгибе с симметричным циклом, кгс/см<sup>2</sup> ( $[\sigma_{-1}] = 0,41 * [\sigma_m]$ );

$k_y$  – коэффициент, учитывающий ударный характер нагрузки ( $k_y = 1.5$ );

$\sigma_{\text{изг}}$  – напряжение изгиба

$$[\sigma_{-1}] = 0,41 * 3700 = 1517 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$$

Для нулевого сечения  $z = 0$  длина полуволны  $l$  определяется по формуле:

$$l = \frac{10^4}{\omega} \sqrt{\frac{EJ\omega^2}{10^3 qg}} \quad (2.47)$$

Запас прочности определяется:

$$n_\tau = \frac{[\tau]}{\tau_{кр}} \quad (2.48)$$

где  $[\tau]$  – допустимое напряжение при кручении, кгс/см<sup>2</sup>.

Напряжение кручения  $\tau_{кр}$  в нулевом сечении определяется:

$$\theta_{срз} = 15,5 + 0,005 * (0 + 308,2) * 1,5 = 17,8^\circ$$

$$N_{тр} = 0,6 * 1 * 1 * 1,1 * 1,0$$

$$\begin{aligned} & * \left[ 1,6 * 10^{-8} (1 + 0,6 * 1,5) \frac{0,9 + 0,02 * 3,3}{1 + 0,013 * 3,3} * \frac{95,6 * 11,5}{(2 * 10^6 * 126,7)^{0,16}} \right. \\ & * 832^{1,85} 575^{0,75} * (1 + 0,44 * \sin 17,8^\circ) + 2 * 10^{-7} * 3,3 * 832 \\ & \left. * 1800 \right] = 26 \text{ кВт} \end{aligned}$$

$$N = 26 + 25,8 = 51,8 \text{ кВт}$$

Определяем крутящий момент на вращение части колонны, расположенной ниже рассматриваемого сечения:

$$M_{кр} = 94700 * \frac{51,8}{832} = 5895,9 \text{ кгс} * \text{см}$$

Напряжение кручения определяем по формуле:

$$\tau_{кр} = \frac{5895,9}{57} = 103,4 \text{ кгс/см}^2$$

Определяем запас прочности:

$$n_\tau = \frac{2550}{103,4} = 24,6 \geq 1,3$$

Определяем длину полуволны:

$$l = \frac{10^4}{87,08} \sqrt{\frac{2 * 10^6 * 126,7 * 87,08^2}{10^3 * 7,8 * 9,8}} = 8,1 \text{ м}$$

Определяем напряжение изгиба:

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{\pi^2 * 2 * 10^6 * 126,7 * 0,335}{300^2 * 28,5} = 326,3 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$$

Определяем запас прочности по нормальному напряжению:

$$n_{\sigma} = \frac{1517}{326,3 * 1,5} = 3,09 \geq 1,3$$

Определяем запас прочности бурильных труб в нулевом сечении:

$$n_0 = \frac{3,09 * 24,6}{\sqrt{3,09^2 + 24,6^2}} = 3,06 \geq 1,3$$

На основе данных расчетов можно сделать вывод о том, что расчетный запас прочности в нулевом сечении буровой колонны превышает допустимый запас прочности, следовательно, бурильные трубы нулевого сечения при заданных режимах бурения не должны выходить из строя.

### 2.6.8. Проверочный расчет мощности привода бурового насоса

Мощность электродвигателя для привода насоса  $N_n$  (кВт) определяется по формуле:

$$N_n = \frac{10 * Q * H}{102 * \eta} \quad (2.49)$$

где  $Q$  – производительность насоса, л/с;

$H$  – давление на выкиде насоса (суммарные гидравлические сопротивления), кг/см<sup>2</sup>;

$\eta$  – КПД насоса ( $\eta = 0,75 \dots 0,8$ ).

Величина  $H$  определяется по формуле:

$$H = \frac{(L + 1500) * v_{\text{тж}}}{2g} * \left( \frac{\lambda_{\text{тр}}}{d_{\text{тр}}} + \frac{\xi}{1} \right) \quad (2.50)$$

где  $d_{\text{тр}}$  – внутренний диаметр бурильных труб, м;

$L$  – длина трубопровода, м;

$1$  – длина бурильной трубы, м;

$\xi$  – коэффициент местных сопротивлений;

$v_{\text{тж}}$  – скорость течения жидкости, л/мин;

$\lambda_{\text{тр}}$  – коэффициент гидравлических сопротивлений.

Скорость течения жидкости  $v_{\text{тж}}$  может быть определена по формуле

$$v_{\text{тж}} = 2,1 * 10^{-5} \left( \frac{Q}{d_{\text{тр}}^2} \right) \quad (2.51)$$

$$v_{\text{тж}} = 2,1 * 10^{-5} \left( \frac{120}{0,060^2 * 60} \right) = 0,0116 \frac{\text{л}}{\text{с}} = 0,7 \text{ л/мин}$$

Коэффициент гидравлических сопротивлений  $\lambda_{\text{тр}}$  зависит от режима течения жидкости  $Re$ . Этот коэффициент рассчитывается по формуле Альшуля:

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \left( \frac{10^{-4}}{d_{\text{тр}}} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (2.52)$$

где  $Re$  – режим течения жидкости:

$$Re = \frac{v_{\text{тж}} * d_{\text{тр}}}{\gamma} \quad (2.53)$$

где  $\gamma$  – кинематическая вязкость жидкости.

$$Re = \frac{0,0116 * 0,06}{1,06 * 10^{-6}} = 656,6$$

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \left( \frac{10^{-4}}{0,06} + \frac{68}{656,6} \right)^{0,25} = 0,0626$$

Коэффициент местных сопротивлений не учитывается, так как при соединении труба в трубу внутренняя стенка буровой колонны гладкоствольная и не имеет зазоров, уменьшений или увеличения диаметра в месте соединения труб.

$$H = \frac{(575 + 1500) * 0,7}{2 * 9,8} * \frac{0,0626}{0,0603} = 76,93 \text{ кгс/см}^2$$

$$N_{\text{н}} = \frac{10 * 120 * 76,93}{102 * 0,8 * 60} = 18,8 \text{ кВт}$$

## **2.7. Разработка мероприятий по предупреждению аварий при бурении скважин**

Аварии при бурении – отклонения от нормального технологического процесса, происходящие в скважине и являющиеся причиной прекращения её дальнейшего углубления. Причины аварий подразделяются на технические

технологические и геологические. Но исследование аварий показывает, что в большинстве своем, их причины носят субъективный характер.

Следует помнить, что аварию легче предупредить, чем ликвидировать: исходя из этого рекомендуется к применению следующий перечень мероприятий, способствующих их предупреждению.

*Для предупреждения аварий с обрывами бурильных труб* необходимо: применять бурильные трубы, соответствующие по своей прочности выбранному режиму бурения; проводить систематическое шаблонирование бурильных труб и осмотр их соединений; обеспечивать условия складирования и транспортировки бурильных труб, не допускающие их порчу и т. д.

*Для предупреждения аварии в результате прихватов бурильных колонн* необходимо: не допускать накопления и оседания шлама в скважине, для чего применять промывочные жидкости, соответствующие условиям бурения, в количестве, достаточном для выноса шлама; устраивать циркуляционную систему, обеспечивающую очистку раствора; проводить спуск инструмента в нижней части ствола скважины с промывкой и вращением: проводить специальную очистку скважины от шлама (при необходимости - в каждом рейсе); систематически осматривать бурильную колонну с целью выявления мест утечки промывочной жидкости: своевременно перекрывать обсадными трубами зоны неустойчивых пород и поглощений; подбирать промывочные жидкости, способствующие укреплению стенок скважины, и тампонажные смеси для ликвидации поглощений промывочной жидкости; прорабатывать ствол скважины в зоне затяжек; спуск и подъем в этих интервалах проводить с вращением и интенсивной промывкой растворами с пониженной водоотдачей; не оставлять буровой снаряд па длительное время на забое или в призабойной зоне при прекращении вращения и промывки.

*Для предупреждения аварий с обсадными трубами* необходимо: проверять перед спуском обсадные трубы по диаметру, на целостность резьб и тела труб; проверять исправность бурового оборудования и спуско-подъемных приспособлений; производить кавернометрию скважины; при возможности

облегчать глинистый раствор; не допускать при спуске колонны обсадных труб их вращения и забивания шламом; при длинных колоннах (особенно тонкостенных) применять обратные клапаны; производить перед спуском колонн обсадных труб их наружную смазку (мазутом, нефтеграфитовой пастой и т.п.) для облегчения извлечения.

*Для предупреждения аварии с породоразрушающим инструментом* необходимо: не допускать спуск в скважину коронок и долот, имеющих дефекты резьб, трещины корпусов и матриц, люфт в опорах шарошек, с забитыми промывочными отверстиями и другими дефектами; наворачивать алмазные коронки и расширители специальными ключами; прекращать бурение и производить подъем инструмента при резком падении механической скорости, возникновении вибрации и посторонних процессов в скважине; обеспечивать полную герметичность всех соединений бурового снаряда во избежание утечек промывочной жидкости; при замене породоразрушающего инструмента следить за соответствием его диаметров.

*Для предупреждения аварий при работе в скважине* необходимо: ознакомить каротажную бригаду перед производством работ с особенностями конструкции и состоянием скважины, с возможными зонами осложнений; проработать ствол скважины перед спуском геофизических и других скважинных приборов и снарядов; проверять соответствие кабеля (троса) глубине производимых работ, его целостность, прочность крепления скважинных приборов и устройств; прекратить спуск скважинных приборов при их затяжках, приборы поднять и повторить проработку скважины. Для предупреждения аварий из-за падения посторонних предметов в скважину необходимо: закрывать устье скважины при поднятых бурильных трубах; следить за исправностью ключей, вилок, ручного инструмента, спуско-подъемных приспособлений; систематически проверять состояние деталей вращателя станка. Обрыв бурильных труб и развёртывание их при бурении; падение части колонны в скважину при спуско-подъёмных операциях Во время каждого подъёма систематически осматривают бурильную колонну и своевременно выбраковывать дефекты и износы; учитывать

продолжительность работы труб; применять бурильные трубы с диаметром наиболее близким к диаметру скважин; правильно отрабатывать бурильные трубы, чтобы износ был равномерным по всей длине колонны; следить за состоянием резьбовых соединений, свинчивать до отказа; принадлежности для спуско-подъемных операций содержать в постоянной исправности.

Один из самых распространенных, многообразных, сложных и трудоемких типов аварии в разведочном бурении – прихваты. На их долю приходится до 60-80 % аварийного времени. Кроме того, обрывы, развертывания и падения инструмента часто сопровождаются прихватами или предшествуют им. С ростом глубин разведочного бурения и уменьшением диаметров скважин сложность и тяжесть прихватов, а также процесса их ликвидации непрерывно возрастают.

Для извлечения прихваченных колонковых и обсадных труб в первую очередь используются грузоподъемные устройства буровых установок: лебедки, талевые системы, гидроцилиндры. Если эти попытки оказались безрезультатными, то для ликвидации аварий применяются специальные инструменты:

1) *Домкраты* рекомендуются в тех случаях, когда сила прихвата меньше допустимых нагрузок на бурильную или обсадную колонну;

2) *Механизм для отвинчивания бурильных труб в скважине* используется при ликвидации прихватов в случае, когда возникает необходимость в последовательном развинчивании и извлечении на поверхность труб;

3) *Раструб* предназначен для обуривания прихваченных колонковых наборов без подъема обсадных труб и расширения ствола скважины;

4) *Прихватоопределители* – приборы для определения места прихвата колонн, принцип действия которых основан на изменении силы тока или магнитных свойств стали для деформации.

Мероприятия по предупреждению прихвата бурильной колонны:

1. При бурении скважин в неустойчивых или подвергающихся размыву породах необходимо применять качественные глинистые растворы, способные образовывать на стенках скважин тонкую и плотную корку.

2. При бурении с промывкой глинистыми растворами в неустойчивых породах рекомендуется добавлять к раствору 8–12% нефти, что уменьшает липкость глинистой корки и снижает относительную вязкость глинистого раствора. Во время бурения с промывкой водой нефть добавлять не следует.

3. Скорость восходящего потока промывочной жидкости должна быть не менее 1,2 м/сек.

4. Промывочная жидкость должна систематически очищаться от выбуренной породы путем установки циркуляционной системы рациональной конструкции или механических устройств.

5. При спуске инструмента в скважину необходимо систематически прорабатывать участки, сложенные пучащимися или оползающими породами, или участки, на которых могут образовываться толстые глинистые корки.

6. При допуске породоразрушающего инструмента к забою во избежание посадки его в осадок скважину необходимо промывать.

7. При бурении скважин с промывкой водой во избежание засасывания шлама породоразрушающим инструментом необходимо после окончания бурения приподнять инструмент на 15–20 м и держать его в таком положении 3–5 мин.

8. По окончании бурения скважину следует проработать на длину рабочей трубы с одновременной промывкой.

9. При бурении скважин с частичным поглощением промывочной жидкости не допускать полного ее израсходования из приемных емкостей циркуляционной системы.

10. В случае вынужденных простоев, возникающих вследствие неисправности буровой установки или ее силового привода, при спущенном на забой скважины буровом инструменте необходимо принять меры к отрыву его от забоя и подъем хотя бы на несколько метров. После того, как инструмент будет поднят выше забоя, его рекомендуется систематически проворачивать ротором, одновременно опуская на 5–10 см. Категорически воспрещается держать инструмент без движения.

## **2.8. Использование буровой контрольно-измерительной аппаратуры**

Рациональная эксплуатация современного бурового оборудования и инструмента требует применения специальных контрольно-измерительных приборов (КИП), позволяющих измерять и поддерживать оптимальные параметры технологического режима бурения, работы различных механизмов, определять физическое состояние отдельных технических средств. Это позволяет повысить производительность буровых работ и безопасность их ведения, снизить аварийность в процессе сооружения скважин.

Все параметры бурения отображаются на панели управления или вынесены на расстояние которые в пределах видимости, на этой же панели располагаются органы управления.

Буровая установка ПБУ-800 Christensen CS14 оснащена:

1. Манометр давления промывочной жидкости;
2. Расходомер;
3. Датчик скорости вращения двигателя;
4. Датчик усилия подачи
5. Датчик усилия удержания
6. Датчик скорости вращения вращателя.

## **2.9. Источник энергии**

Силовой привод является неотъемлемой частью бурового станка и во многом определяет его технические параметры и эксплуатационные характеристики.

Силовые приводы буровых установок представляют собой компоновку двигателей, трансмиссий с устройствами, которые преобразуют энергию топлива или электричества в механическую и передают ее буровым насосам, ротору, лебедки.

В зависимости от используемого первичного источника энергии приводы делятся на автономные, не зависящие от системы энергоснабжения, и неавтономные, зависящие от системы энергоснабжения, с питанием от промышленных

электрических сетей. К автономным приводам относятся двигатели внутреннего сгорания (ДВС) с механической, гидравлической или электропередачей. К неавтономным приводам относятся: электродвигатели постоянного тока, питаемые от промышленных сетей переменного тока через тиристорные выпрямительные станции управления; электродвигатели переменного тока с гидравлической либо электродинамической трансмиссией или регулируемые тиристорными системами.

В современных буровых установках для геологоразведочного бурения в качестве силового привода применяется в основном электродвигатели переменного тока и двигатели внутреннего сгорания.

## **2.10. Монтаж и демонтаж бурового оборудования**

Монтажно-демонтажные работы непосредственно на участке проектируемых работ будет осуществляться силами буровых бригад. Перемещение буровой установки будет осуществляться буровой бригадой и бульдозеристом.

Для монтажа бурового оборудования и вагончика со снарядами необходимо разровнять площадку работ, подъездные пути и водоотводы. Площадь подготовленной площадки должна быть не менее 30×30 м согласно ГОСТ.

Необходимая ширина проезжей части составляет 3,5 м. Среднее расстояние подъездных путей к проектным скважинам, с учетом необходимости подъезда к ним окружным путями, составит 1 км.

При перевозке буровой установки мачта должна быть установлена в транспортное положение. Буровые снаряды сложены отдельно в полувахту и в буровой вагон. Зумпф установлен на санях и имеет транспортное дышло.

После установки буровой установки над проектной точкой устанавливаются электроды контурного заземления в почвенный покров. Затем подвозят зумпф, буровой вагон и дополнительное оборудование. К зумпфу должен быть обеспечен подъезд водовозки и стоять два откатника по которым водитель должен ориентироваться. Вся территория работ должна быть обозначена светоотражающими конусами. Поставка дизельного топлива на карьере производится

каждый день после чего помощник машиниста буровой установки должен заправить топливный бак установки и рядом стоящую бочку.

После окончания бурения очередной скважины производится перевозка оборудования для забуривания новой скважины.

Перед перевозкой и после нее, а также перед каждой сменой производится ежедневный технический осмотр. Перевозка буровой установки осуществляется под руководством мастера с соблюдением соответствующих правил техники безопасности.

### **2.11. Ликвидация скважины**

По окончании бурения скважин предусматривается ликвидационное тампонирующее устройство, обеспечивающее устранение проникновения в скважину поверхностных и подземных вод. Проектом предусматривается применение простого метода ликвидационного тампонирующего устройства, включающего в себя извлечение обсадных труб гидравликой бурового станка, в заполнении всего объема скважины от забоя до устья тампонажной смесью. В качестве тампонажной смеси предусматривается применение базового тампонажного портландцемента ПЦТ (ГОСТ 1581–85).

### **3. Социальная ответственность**

#### **3.1. Введение**

В период выполнения геологоразведочных работ базовым предприятием является ООО «СЛ Золото». Район проектируемых работ расположен на территории Иркутской области на золоторудном месторождении Сухой лог.

Для района работ характерен среднегорный рельеф с высотами водоразделов 500–1400 м и с достаточно густой эрозионной сетью, созданной деятельностью постоянных и временных потоков, а также ледников.

Климат на территории Кропоткинского МО резко-континентальный с суровой продолжительной зимой и коротким теплым летом. Среднегодовая температура составляет  $-5,5^{\circ}\text{C}$ , при общих вариациях в интервале от  $-55$  до  $+35^{\circ}\text{C}$ . Важным фактором распределения температур в приземном слое атмосферы является изменчивость гипсометрической характеристики.

Постоянное население в районе месторождения Сухой лог отсутствует. Участок проведения работ находится в 12 км к северо-западу от пос. Кропоткин.

#### **3.2. Правовые вопросы обеспечения безопасности**

##### **3.2.1. Специальные правовые норы трудового законодательства**

К самостоятельному выполнению работ по бурению скважин допускаются лица, возраст которых соответствует установленному законодательством, прошедшие медицинский осмотр в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, имеющие соответствующую квалификацию и допущенные к самостоятельной работе в установленном порядке. Перед допуском к самостоятельной работе рабочий проходит стажировку в течение 2–14 смен.

При работе в полевых условиях каждый сотрудник должен быть привит от эпидемических заболеваний, в особенности от клещевого энцефалита.

Каждый сотрудник обязан проходить инструктажи по безопасности труда:

- Первичный инструктаж при приеме на работу;

- В процессе работы не реже раза в установленное время правилами компании;
- При введении новых правил, при появлении нового оборудования, при перерывах в работу более 60 дней, при неоднократном нарушении правил техники безопасности.

При работе в условиях повышенной опасности сотрудник должен иметь специальный допуск с указанием необходимых мер безопасности.

### **3.2.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

При ведении буровых работ на участке буровые установки должны быть обеспечены необходимыми контрольно-измерительной аппаратурой, средствами механизации и автоматизации, инструментом. Размеры площадок должны быть достаточными для размещения на них всего необходимого оборудования и инструмента, иметь с разных сторон достаточных размеров подъезды для транспорта. Перед началом опасных работ или работ, требующих повышенного внимания, рекомендуется провести дополнительный инструктаж на рабочем месте. Инструктаж должен проводить буровой мастер.

Работа буровой бригады выполняется стоя, следовательно, рабочие места необходимо оборудовать в соответствии с ГОСТ 12.2.033-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования».

### **3.3. Производственная безопасность**

Бурение скважин как производственный процесс подразумевает большое количество вредных и опасных для жизни и здоровья работников факторов. Опасности в условиях производства носят в основном техногенный характер. В связи с этим в настоящее время многие компании все больше ресурсов и времени уделяют безопасности жизнедеятельности.

Опасным называется фактор, воздействие которого может привести к травме, сильному ухудшению здоровья, а также является опасным для жизни человека.

К вредным факторам относится то, что оказывает негативное влияние на здоровье человека при длительном воздействии.

Идентификация потенциальных опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) при операциях на буровой представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении буровых работ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Транспортировка и монтаж-демонтаж оборудования	Бурение скважин и вспомогательные работы	
1. Движущиеся машины и механизмы	+	+	вредные производственные факторы. Классификация. ГОСТ 12.1.008-78. Биологическая безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.1.012-90
2. Повышенный уровень локальной вибрации		+	
3. Повышенный уровень шума	+	+	
4. Поражение электрическим током	+	+	Вибрационная безопасность. Общие требования.

Продолжение таблицы 3.1

5. Отсутствие или недостаток необходимого Естественного и искусственного освещения	+	+	ГОСТ 12.4.125–83 Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация СНиП П-12-77. Защита от шума. ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов труда
6. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	+	+	ГОСТ 12.1.005-88, СП 60.13330.2012.

*Повышенный уровень шума и вибраций на рабочем месте*

Самый распространенный вредный фактор при строительстве скважин – шум и вибрации. Основными источниками шума на буровой являются вращатель, двигатели оборудования, буровой станок и насос. К методам защиты работающих от действия шума относятся средства коллективной защиты, такие как: кожухи, глушители шума; средства индивидуальной защиты. [СанПин 2.22.3359–16]. К методам защиты работающих от действия вибрации относятся средства коллективной защиты, такие как: кожухи, виброизолирующие площадки; средства индивидуальной защиты. [СН 2.2.4./2.1.8.566-96].

При длительном воздействии шума на организм человека может снизиться слух, поэтому во время работы на буровой необходимо использовать СИЗ от шума – специальные наушники, прикрепляемые к каске. Длительное воздействие вибраций также негативно сказывается на здоровье человека (например, вибрационная болезнь занесена в список профессиональных заболеваний). Мероприятия по уменьшению вибрационного воздействия делятся на 2 категории:

- Снижение вибрации в источнике возникновения (например, если источником вибрации является неисправное оборудование, то можно снизить вибрацию, отремонтировав его);
- Снижение вибрации на пути ее распространения (например, использовать антивибрационные покрытия)

*Недостаточная освещенность рабочей зоны*

Для освещения буровой установки применяется как искусственное, так и естественное освещение. Особенного внимания требует работа на буровой в ночное время суток, когда возникает недостаток естественного освещения. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению рабочих мест регламентируются СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Лампы накалывания обеспечивают требования освещения: равномерность и постоянство освещения. На случай аварийных ситуаций имеется освещение с независимым источником питания. Нормы освещения приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2. – Нормы освещения буровой площадки

Рабочее место	Освещенность, лк	Место установки	число ламп	Мощность ламп, Вт
Буровой станок	40	На 2,5 м выше механизмов, внутри бурового здания	2	200
Буровая мачта	40	Крыша бурового здания, направленность вверх	1	200

Продолжение таблицы 3.2

Буровой насос	25	Над насосом	1	200
Лебедки	40	Сбоку над вспомогат. лебедкой, сбоку от главной лебедки	2	200
Площадка вокруг буровой	40	Снаружи бурового здания с направлением на трап	4	200
Зумпф	25	На высоте 2 м	2	200

#### *Поражение электрическим током*

Поражение электрическим током представляют большую опасность для работника. К основному оборудованию, работающему под напряжением 220/380В на буровой относятся: дизельные электростанции, распределительные устройства, буровой станок, электролебедки, освещение.

Основные непосредственные причины электротравматизма:

- Соприкосновение с оголенными токопроводящими частями;
- Нарушение правил эксплуатации дизельного генератора.

Основные технические средства защиты согласно ПУЭ:

- Изоляция оголенных токопроводящих частей.

Основные технические мероприятия:

- Устройство заземления;
- Применение изолирующих защитных средств;
- Применение малого напряжения питания по ССБТ ГОСТ 12.1.009;
- Устройство зануления установки;

- Соблюдение техники безопасности при работе с дизельным генератором;
- Вывешивание информационных знаков;
- Инструктаж бурового персонала (программа обучения “Изоляция энергии”).

Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости.

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- двойная или усиленная изоляция;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Допуск к работе с электрооборудованием неквалифицированных лиц запрещается. Лицо, допускаемое к работе с электрооборудованием, должно иметь IV квалификационную группу по технике безопасности (для электроустановок до 1000 В).

Обслуживающий персонал должен быть ознакомлен с инструкцией по технике безопасности при эксплуатации электроустановок до 1000 В.

При работе, обслуживании и ремонте работник должен использовать основные и дополнительные изолирующие защитные средства.

В электроустановках до 1000 В основные изолирующие средства:

- диэлектрические перчатки,

- изолирующие токоизмерительные клещи,
- монтерский инструмент с изолированными рукоятками.

### *Движущиеся машины и механизмы*

Согласно требованиям безопасности, все вращающиеся элементы должны быть ограждены защитными ограждениями. Мероприятия по устранению причин механических травм рассмотрены в ГОСТ 12.2.062–81. Работа в условиях вращающихся элементов требует прохождения обязательного инструктажа по технике безопасности. Помимо защитных ограждений и обучения большое внимание требуется уделять визуальному контролю, т. к. это позволяет человеку быстро оценить обстановку и выявить потенциально опасные ситуации

Должны проводиться плановые и внеплановые проверки пусковых и тормозных устройств; проверка состояния и устранения дефектов смазочных устройств; проверка состояния ремней, цепей, тросов, проверка их натяжения. Все неисправности должны немедленно устранены. Не допускается работать с неисправным оборудованием.

При выполнении монтажных и демонтажных работ обязательно соблюдение «Техники безопасности в строительстве» СНиП III-4–80". При выполнении монтажно-демонтажных работ возможны различные механические травмы – удары или ушибы движущимися или падающими предметами, царапины и порезы об острые кромки и заусеницы, падения с высоты.

При выполнении монтажных, демонтажных и строительных работ на высоте запрещается использовать случайные подставки и опоры, такие как ящики, бочки, фермы, стропила и др. Запрещается работать с переносных средств подъема (стремянки). При работе на неустойчивых поверхностях, расположенных на высоте более 1,3 м следует пользоваться предохранительным поясом, прикрепляя его к прочным элементам конструкции.

Все незакрепленные детали и инструменты необходимо держать в специальном переносном ящике или надеваемой сумке. Запрещается переносить их в карманах, класть на монтируемые конструкции, сбрасывать с высоты. При

использовании тяжелых инструментов их поднимают на высоту с помощью подъемных инструментов в специальной таре.

Запрещено работа на высоте при высокой скорости ветра, гололеде, грозе и тумане. Не допускается нахождение людей под монтируемыми конструкциями до их полной установки.

Каждый член буровой бригады должен быть снабжен обязательными средствами индивидуальной защиты:

- каски;
- диэлектрические перчатки;
- кирзовые сапоги;
- резиновые сапоги;
- рукавицы брезентовые;
- костюм х/б;
- защитные очки;
- респиратор;
- аптечка.

#### *Повышенная загазованность и запыленность рабочей зоны*

Во всех производственных помещениях концентрация токсичных газов, паров и пыли в воздухе должна соответствовать «Предельно допустимым в воздухе рабочей зоны производственных помещений», устанавливаемым ГОСТ 12.1.005–88.

Запыленность рабочей зоны не должна превышать уровень предельно допустимой концентрации (ПДК) вредного вещества.

При превышении уровня ПДК в воздушной среде рабочих помещений вредных газов и паров, концентрации которых могут оказать вредное влияние на здоровье человека, работы в этих местах должны быть немедленно прекращены, а персонал переведен на безопасное расстояние. К таким веществам относятся: бензин (среднесуточная ПДК = 1,5 мг/м<sup>3</sup>) и пыль нетоксичная (среднесуточная ПДК = 0,15 мг/м<sup>3</sup>).

#### *Повреждения от укусов насекомых*

В летнее время в районе работ присутствует огромное количество кровососущих насекомых, вероятно наличие клещей, переносчиков энцефалита. Сотрудники должны быть обеспечены такими индивидуальными средствами защиты, как сетчатые маски и аэрозоли против насекомых. Так же каждый сотрудник должен быть привит от клещевого энцефалита.

### **3.4. Экологическая безопасность**

Разведка месторождений является неотъемлемой частью геологических работ, которые в соответствии с «Правилами охраны недр» при разработке месторождений твердых полезных ископаемых и Основами законодательства РФ о недрах, направлены на полное, комплексное и экономически целесообразное извлечение из недр полезного ископаемого.

На участках стоянки буровых бригад все материалы, не пригодные для дальнейшего использования, включая горюче-смазочные отходы, подлежат сжиганию в специально отведенных местах. Изношенное оборудование и металлолом будут вывозиться на базу партии.

Контроль за соблюдением природоохранных мероприятий будет осуществляться должностными лицами и специалистами, непосредственно занятыми на проектируемых работах, в соответствии с их должностными инструкциями.

#### **3.4.1. Гидрогеологические работы**

Вода, используемая для питьевых нужд буровой бригады – привозная.

Полевые работы будут вестись на непроработанной толще пород с использованием технологии замкнутой циркуляции воды «скважина-зумпф». По окончании бурения зумпф ликвидируется, путем засыпки извлеченного из него ранее грунта.

При проведении опытных работ в гидрогеологических скважинах: прокачке, воды из скважины - откачиваемая вода через временный водопровод будет подаваться в местный приемник. С течением времени вода из водоприёмника инфильтруется в горный массив, а «приемник» - ликвидируется, путем

засыпки извлеченного грунта. После прокачки подземная вода достаточно очищена от шлама и загрязняющих веществ, которые могли попасть при бурении, обсадке труб скважины, поэтому ее можно квалифицировать как природную подземную воду без загрязняющих компонентов. Для предотвращения размыва почвенно-растительного слоя будут использоваться струигасители.

### 3.4.2. Земля, почва

На участках стоянки буровых бригад все материалы, не пригодные для дальнейшего использования, включая горюче-смазочные отходы, подлежат сжиганию в специально отведенных местах. Изношенное оборудование и металлолом будут вывозиться на базу партии.

Таблица 3.3. – Комплекс мер по охране окружающей среды при буровых

Природные ресурсы	Загрязняющее воздействие	Природоохранные мероприятия
Недра	Нарушение естественного геологического состояния недр	Ликвидационный тампонаж скважины
Земля	1. Засорение почвы отходами производства 2. Загрязнение хим. реагентами и ГСМ (горюче-смазочными веществами)	1. Использование контейнеров для отходов (бытовые; производственные; пластик; промасленная ветошь); 2. Ежедневный обход буровой площадки на выявление разливов ГСМ, их устранение; использование поддонов под буровое оборудование; покрытие защитной пленкой участка под буровой.

### Продолжение таблицы 3.3.

Лес	Уничтожение почвенного покрова на территории буровой площадки	Соблюдение нормативов по отводу земель для буровых работ.
Вода	Загрязнение из-за утечки бурового раствора	Использование 3-секционного амбара для буровой жидкости с двойным покрытием пленкой всего объема отделов.

### 3.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На данном участке работы возможны техногенные чрезвычайные ситуации. Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является пожар. Буровая установка является взрывоопасным объектом категории А.

Требования пожарной безопасности должны полностью соответствовать нормативным документам ГОСТ 12.1.044–89, ГОСТ 12.1.010–76.

Мероприятия противопожарной безопасности:

- проведение инструктажей по противопожарной безопасности и обучение работе с противопожарным инвентарем;
- огнетушители должны быть опечатаны и перезаряжаться в определенные сроки, приведенные в таблице 3.7;
- разводить огонь не менее чем в 30 м от буровой установки;
- полы, стеллажи, верстаки необходимо систематически очищать отмасленных, легковоспламеняющихся материалов.

Особые требования предъявляются к размещению огнетушителей. Их подвешивают на высоте не более 1,5 м от уровня пола до верхней точки огнетушителя и на расстоянии не менее 1,2 м от края двери при ее открывании.

Основными факторами появления пожаров является халатность сотрудников, курение в неположенных местах, возгорание от короткого замыкания.

Во избежание возможности пожаров необходимо руководствоваться правилами пожарной безопасности и инструкциями по эксплуатации технических средств.

Должны быть отведены специальные места для курения, курение на рабочем месте запрещается. Запрещается на рабочем месте использовать открытый огонь. В непосредственной близости скважины запрещаются сварочные работы, а на рабочем месте должен находиться измеритель концентрации газа. При высоких показаниях газа работа должна быть приостановлена до восстановления нормальной концентрации.

Противопожарный щит должен быть установлен на расстоянии не более 10 м от бурильщика и находиться с наружной части бурового здания.

Весь противопожарный инвентарь буровой должен состоять из:

1. Пенные огнетушители – 2 шт.
2. Углекислотные огнетушители ОУ-2 – 2 шт.
3. Ящик с песком объемом 0,5 м<sup>3</sup>.
4. Емкость с водой объемом 250 л.
5. Комплект шанцевого инструмента:
  - a. лопаты – 2 шт;
  - b. багры – 2 шт;
  - c. ломы – 2 шт;
  - б. топоры – 2 шт.
7. Противопожарные ведра – 2 шт.
8. Противопожарный щит.

Весь инвентарь должен постоянно находиться на своем месте. Нельзя пользоваться противопожарным инвентарем в случаях, не предусмотренных его назначением. Все подходы к противопожарному инвентарю должны быть рассчитаны.

### **3.6. Заключение по разделу**

В рамках данного раздела были рассмотрены вопросы, связанные с обеспечением безопасности труда работников буровой установки. Были проанализированы вредные и опасные факторы, влияющие на бригаду в процессе работы, такие как повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте, недостаточная освещенность рабочей зоны и т. д. Вследствие этого, были приведены рекомендованные действия в соответствии с ГОСТами.

## **4. Вспомогательные и подсобные цеха**

### **4.1. Организация ремонтной службы**

На базе бурового участка, расположенной недалеко от месторождения, имеется все необходимое оборудование и инструмент для мелкого и простого ремонта. Так же на складе имеется запас наиболее часто ломающихся деталей.

При поломке того или иного инструмента буровой мастер дает указание сварщику или механику на его изготовление. Ремонт оборудования производится преимущественно на месте работ силами буровой бригады. В тяжелых и сложных случаях работы ведутся механиками.

Плановые технические осмотры, профилактические проводятся силами буровой бригады непосредственно на буровых площадках, либо при необходимости на территории базы.

### **4.2. Организация энергоснабжения**

Электроснабжение бурового здания и бурового вагончика, будут осуществляться при помощи генератора, установленного на двигателе Tier 3, также при ремонтных работах будут использоваться дизельные электростанции.

К линиям электропередач будут подсоединены только жилые вагончики, которые не будут менять своё местоположение.

### **4.3. Организация водоснабжения и приготовления буровых растворов.**

При бурении скважин в качестве промывочной жидкости будет использоваться техническая вода с добавлением в неё соли. При приготовлении раствора, для упрощения растворения соли, её растворяют в ведре, а затем добавляют в ёмкость с водой.

Для обеспечения технической водой будет использоваться «водовозка» на базе УРАЛ. Вода будет доставляться из ближайшего водоёма, в среднем около 4 раз за смену. Слиვაётся в специальную ёмкость – зумпф, который располагается около буровой.

Питьевая вода доставляется другой «водовозкой» раз в 1–2 дня.

#### **4.4. Транспортный цех**

Хорошая организация транспорта является одним из основных факторов, которые обеспечивают успешность работы геологоразведочных партий. Для организации работ будут использоваться следующее транспортное оборудование:

- Вахтовый транспорт (КАМАЗ) – для доставки бригад из жилого посёлка до участка работ и обратно;
- Водовоз (УРАЛ) – для доставки технической воды;
- Водовоз (КАМАЗ) – для доставки питьевой воды;
- Бульдозер ЧЕТРА – используется для планирования площадок под буровые установки и для перевозки бурового оборудования;
- Манипулятор на основе КАМАЗ – для транспортировки необходимого груза.

#### **4.5. Диспетчерская служба**

Связь будет осуществляться посредством стационарных и портативных радиостанций марки «Motorola».

Диспетчерская служба круглосуточно осуществляет оперативное руководство и ведет специальную документацию, с помощью которой контролирует ход работ.

Для выполнения поставленных задач диспетчерская служба осуществляет следующие функции:

1. Приём, анализ, обработка и распределение информации о состоянии производства работ, необходимой для составления и корректировки планов, а также регулирования производства;
2. Приём аварийных заказов и распределение их по цехам, информирование соответствующих специалистов об аварии и доставка их в случае необходимости к месту аварии, контроль за выполнением заказов обслуживающими

цехами, обеспечение заказчиков ресурсами со складов организации, доставка необходимых ресурсов заказчику;

3. Ведение ежедневного учёта выполняемых работ;
4. Передача распоряжений руководителей организации.

## **5. Специальная часть: обзор технических и технологических решений повышения эффективности сооружения скважины в многолетнемерзлых породах**

При бурении скважин в мерзлых породах возникают осложнения двух видов.

1. Под влиянием тепла, вносимого в скважину циркулирующей промывочной жидкостью, а также выделяющегося за счет механической работы снаряда, проходимые рыхлые породы оттаивают и теряют связность. Стенки скважин, сложенные полидисперсным материалом, цементированным в нормальном состоянии льдом, становятся неустойчивыми, возникают явления просадочности, суффозии, оползания и обвалы породы, прихваты инструмента и обсадных труб, снижение выхода и качества керна.

2. Замерзание промывочной жидкости в скважине и образование шуги, вымораживание воды на стенках скважины, затяжки и прихваты инструмента при извлечении, прихваты обсадных колонн при спуске, полное промерзание скважины при вынужденных простоях, плохое цементирование из-за преждевременного промерзания раствора, смятие труб под влиянием мерзлого пучения — эти и другие осложнения возможны не только в рыхлых мерзлых породах, но и в «морозных» скальных, аккумулирующих большие запасы холода [ 1].

С целью предотвращения данных осложнений и получения, представительных образцов керна, разработаны технологии бурения в многолетнемерзлых породах, основанных на традиционной жидкостной промывке, бурении с применением в качестве очистного агента воздуха или пены.

## 5.1. Технология бурения многолетнемерзлых пород с жидкостной промывкой

### 5.1.1 Бурение в устойчивых скальных породах

При бурении по многолетнемерзлым горным породам могут быть использованы те же промывочные жидкости, которые применяются обычно в породах с положительными температурами. Все требования к промывочным агентам в этих условиях распространяются и на среды, предназначенные для работы при отрицательных температурах. Для предотвращения замерзания в скважине при бурении по многолетнемерзлым породам ее искусственно минерализуют, вводя NaCl и реже CaCl<sub>2</sub>. При проходке скважин в неосложненных условиях, как правило, используется техническая вода. Концентрация NaCl устанавливается в зависимости от температуры мерзлых пород, таблица 5.1.

Таблица 5.1 – Характеристики солевых растворов

Концентрация кг/м <sup>3</sup>	NaCl,	Плотность г/см <sup>3</sup>	раствора,	Температура замерза- ния, °С
30		1.02		-1,8
59		1.04		-3,5
90		1.06		-5,4
124		1.08		-7,5
157		1.10		-9,8
193		1.12		-12,2
231		1.14		-15,1

### 5.1.2 Бурение в неустойчивых горных породах

Разрушение многолетнемерзлых пород, цементирующим материалом которых служит лед, определяется простаиванием и разрушением льда за счет теплообмена с циркулирующей промывочной жидкостью. Так же доказано, что при концентрации NaCl выше 5% в минерализованном хлористом натрием воды и глинистого раствора происходит интенсивное разрушение льда, связывающего минеральные частицы породы [1]. Поэтому необходимо избегать излишнего засоления раствора.

Введение неорганических противоморозных добавок к органическим, таким как этиловый спирт, этиленгликоль, глицерин и т. д., а также к добавкам ПАВ, как показывают наблюдения, характеризуется снижением скорости разрушения льда на контакте с их водными растворами.

При бурении по породам, цементирующим материалом которых служит лед, буровой раствор, обработанный противоморозными добавками, необходимо охлаждать.

В зимний период охлаждение промывочного раствора особых трудностей не представляет, а летом можно прибегать к помощи различных охлаждающих смесей. Универсальным способом охлаждения буровых растворов в любое время года является применение специальных холодильных установок. [1].

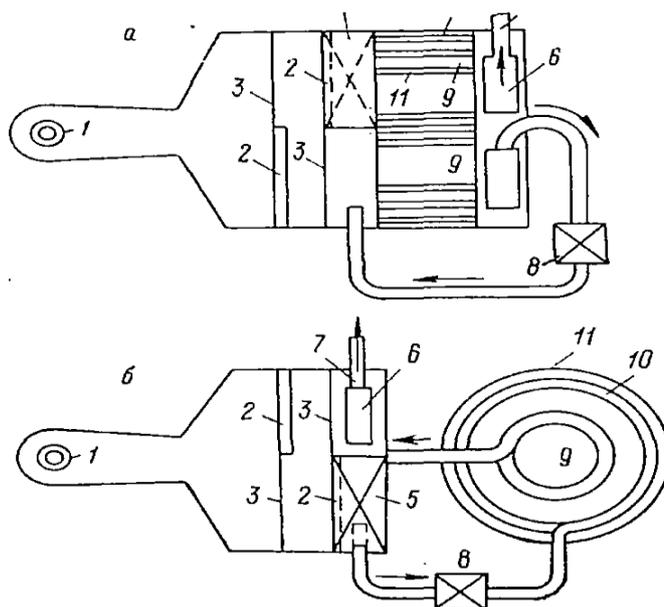


Рисунок 5.1. Схема оборудования для очистки и охлаждения промывочной жидкости: а — совмещенная; б — раздельная.

1 — муфта с кольцевой замазкой; 2 — слив; 3 — перегородки; 4 — подвижное сито; 5 — решетка; 6 — фильтр; 7 — шланг для отсоса шлама; 8 — насос; 9 — рассол (лед или снег); 10 — теплоизолированный бак; 11 — трубы; 12 — подвижной охлаждающий отсек.

## **5.2 Бурение скважин в мерзлых породах с продувкой охлажденным воздухом**

Применение сжатого воздуха вместо промывочной жидкости является существенным шагом вперед в решении проблемы разведочного бурения в мерзлых породах. Сжатый воздух в отличие от воды и глинистых растворов не замерзает при тех температурах и давлениях, с которыми мы имеем дело при бурении. Поэтому полностью устраняются осложнения, связанные с замерзанием промывочной среды.

На основе сжатого воздуха, приводящего в действие пневмоударник, разработано целое направление в бурении – пневмоударное бурение, характеризующееся высокой скоростью проходки и экономичностью. Однако, как показывает опыт, колонковое бурение с применением сжатого воздуха в качестве очистного агента тоже имеет быть. Оба эти направления при бурении по многолетнемерзлым породам имеют схожие осложнения.

Данные осложнения, связанные с выпадением конденсата из воздуха при его охлаждении в скважине и выражающихся в слипании частиц шлама, образовании сальников, намерзании конденсата в соединениях, уменьшении проходных сечений и в силу этого «прижогах» породоразрушающего инструмента, прихватах снаряда и т. д. Так же несмотря на то, что при одной и той же начальной температуре нагнетаемый в скважину воздух несет с собой в 60—100 раз меньше тепла, чем промывочная жидкость, подаваемый от компрессора непосредственно в скважину сжатый воздух имеет на выходе из компрессора повышенную температуру (70—80° С). При этом вполне возможны и не раз отмечались на практике случаи протаивания мерзлоты с последующими осложнениями.

Во избежание данных осложнений следует использовать холодильники и скважинные влагоотделители для охлаждения и осушения воздуха в теплое время года. Ниже приведена схема расположения используемого оборудования при бурении с продувкой, рисунок 5.2.

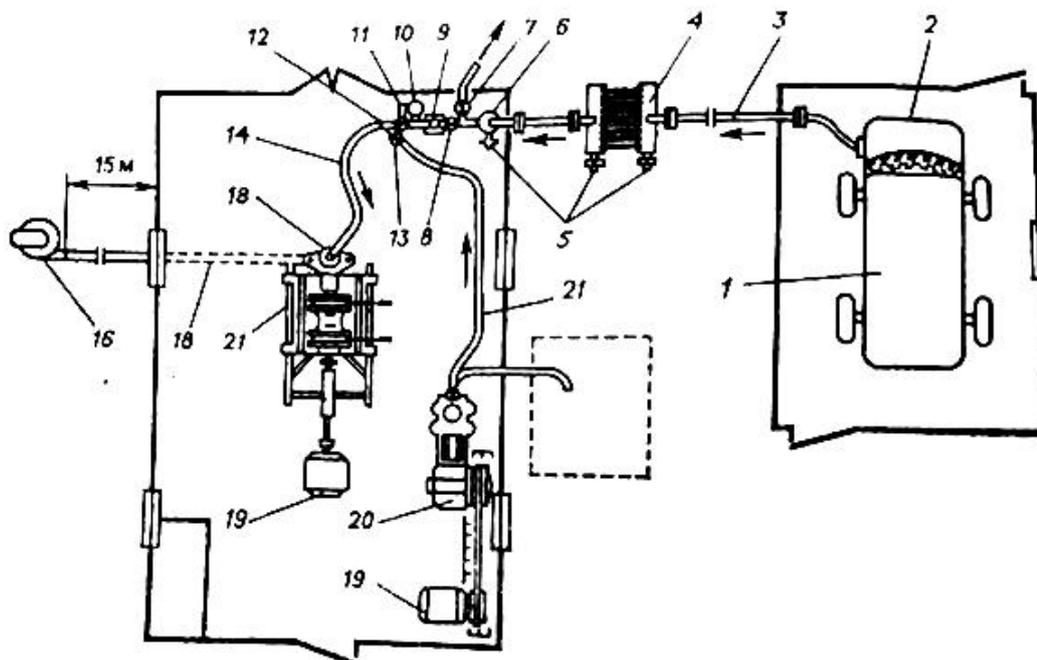


Рисунок 5.2 –Схема расположения оборудования и обвязка скважины при бурении с воздухом

1–компрессор; 2–рессисевер; 3–нагнетательный шланг; 4–холодильник; 5–кран выпуска конденсата; 6–масловлагоотделитель; 7–вентиль сброса воздуха; 8–вентиль регулирующий подачу воздуха в скважину; 9–расходомер воздуха; 10–манометр; 11–термометр; 12–вентиль, закрывающий линию компрессора; 13–вентиль линии насоса; 14–нагнетательный шланг; 15–превентор; 16–вытяжной вентилятор; 17–выкидной трубопровод; 18–буровой станок; 19–приводные двигатели; 20–буровой насос; 21–нагнетательный шланг

Влагомаслоотделители применяются для удаления из воздуха конденсата, состоящего из масла и воды. По месту установки в обвязку скважины они делятся на поверхностные и скважинные.

Устройство одного из поверхностных влагомаслоотделителей приведено на рисунке 5.3 а. Воздух поступает через подводной патрубков 1 в резервуар 2, где расширяется и освобождается от масла и влаги, которые скапливаются на дне. Очищенный воздух поднимается вверх и выходит через отводной патрубков 3 в нагнетательную линию. Конденсат, накопившийся в нижней части

резервуара, выпускается через кран 4. Устройство погружного влагомаслоотделителя приводится на рисунке 5.3б [16].

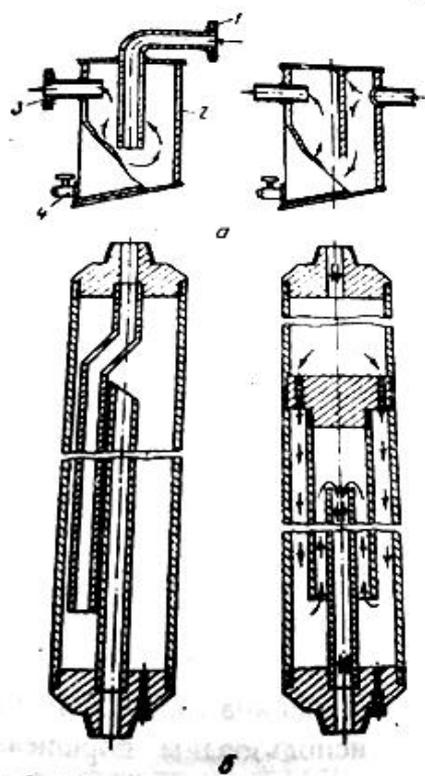


Рисунок 5.3 – Конструкции влагомаслоотделителей

а) поверхностных; 1 и 3 подводной и отводной патрубки; 2 – резервуар; 4 – слив конденсата; б – погружных

Для устранения осложнений при бурении с теплым потоком нагнетаемого воздуха в мерзлых породах достаточно снизить его температуру. В летнее время для этого используются специальные холодильные установки. Примером такой установки может служить воздушная холодильная машина типа ВХМ – ЛГИ.

Таблица 5.2. – Техническая характеристика установки ВХМ – ЛГИ

Параметры	Величина
Максимальное давление воздуха, ПМа:	
-на входе в пневмодвигатель	0,8
-на выходе из пневмодвигателя	0,4
Максимальная температура на входе в первую ступень радиаторного охлаждения, °С	80
Перепад температуры, обеспечиваемые машиной, °С	<40
Масса, кг	300

Так же охлаждение сжатого воздуха до необходимых для бурения отрицательных температур при практически полном сохранении развиваемого компрессором рабочего давления воздуха возможно с помощью фреоновых парокompрессорных холодильных машин.

Многие способы охлаждения и осушения воздуха при бурении осуществимы лишь на поверхности. С точки зрения рационального размещения производства холода в целях повышения выхода керна в мерзлых породах или нормализации температурного режима коронки перспективно использование погружного вихревого холодильника, встраиваемого в состав бурового снаряда над колонковой трубой.

Принцип действия вихревого холодильника основан на эффекте вихревого температурного разделения газа. Сжатый воздух, расширяясь, истекает через сопло 1 (рис. 5.4) со сверхзвуковой скоростью тангенциально внутрь полого цилиндра, где образует мощный вихрь со сложным полем температур. В центре вихря устанавливается низкая, а по периферии высокая температура. Через диафрагму 2 с центральным отверстием выходит холодный воздух, а через дроссель 5 с зазором по периферии — горячий. При перепаде давления 0,5 МПа и начальной температуре 0°С можно получить примерно одинаковые по расходу потоки воздуха с температурами —50 и +50 °С

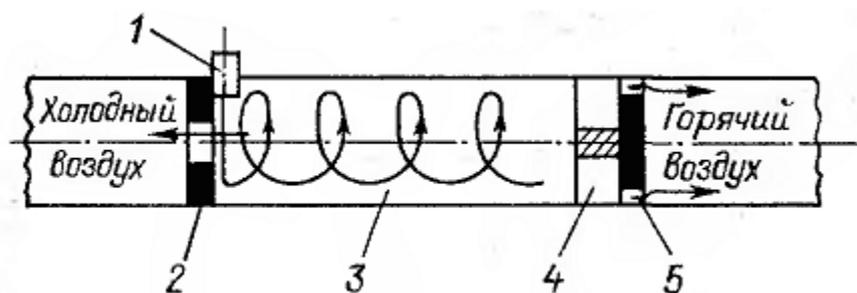


Рисунок 5.4— Принципиальная схема воздушного вихревого холодильника  
1 - сопло; 2-диафрагма; 3 - вихревая труба; 4-улитка

Вихревой холодильник 5 (рис.5.5) встраивается в состав бурового снаряда над колонковой трубой. Сжатый воздух из ресивера 2 компрессора 1 по шлангу 3 и бурильным трубам 4 подается в вихревую камеру 6, где разделяется на холодный и горячий потоки. Холодный поток направляется внутрь колонковой

трубы 7, попадает на забой и по узкому кольцевому зазору между стенками скважины и колонковой трубой направляется вверх, транспортируя шлам с забоя. Горячий воздух выпускается непосредственно в широкий зазор между стенками скважины и бурильными трубами, где сливается с холодным потоком.

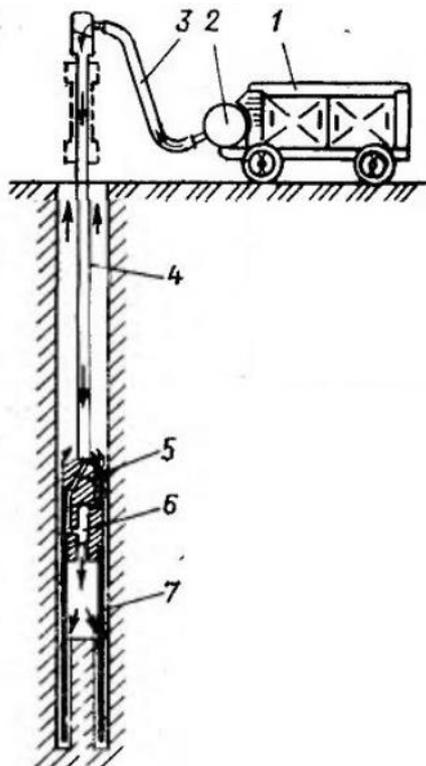


Рисунок 5.5 –Схема работы забойного вихревого холодильника при колонковом бурении с продувкой сжатым воздухом

1-компрессор, 2-ресивер, 3-шланг, 4-бурильные трубы, 5-вихревой холодильник, 6-вихревая камера, 7-колонковая труба

Смешанный поток приобретает температуру, близкую к начальной. Благодаря тому, что холодный воздух (составляющий часть общего расхода) транспортирует шлам только на участке узкого зазора, сохраняются нормальные условия для очистки забоя от шлама.

Помимо использования вихревого холодильника как призабойного генератора холода имеются возможности применения его в качестве простейшего средства охлаждения воздуха на поверхности при бурении мелких скважин, например, на россыпях. В этом случае вихревой холодильник устанавливается между сальником и ведущей трубой.

### 5.3 Бурение с промывкой аэрированными жидкостями(пены)

Пена – многофазная дисперсная система, образованная множеством пузырьков газа, разделённых тонкими плёнками жидкости. Пузырьки газа могут иметь форму многоугольников. Непрерывной дисперсионной средой в пене служит жидкость, а дисперсной фазой – воздух. Основную часть объёма пены составляет газообразная фаза. Концентрация пены в воде чаще всего составляет– 0,5–2 %, противоморозной добавки NaCl– 5,5%, стабилизатора КМЦ– 4%.

Для устойчивых пород, небольшого диаметра бурения и небольших водопроявлений в скважине концентрация ПАВ может составлять 0,03–1 %. При бурении неустойчивых горных пород, скважин большого диаметра и больших водопроявлений в скважине контракция может составлять 2–20 %.

Применение пены качестве очистного агента при бурении в условиях Крайнего Севера следует признать одним из наиболее рентабельных способов, особенно при вскрытии поглощающих горизонтов, так как при этом обеспечивается возможность бурения скважины при сохранении ее одноколонной конструкции [1].

Технология бурения с применением пены следующая. В процессе бурения бочку с водой располагают возле буровой установки со стороны специального пенного насоса. Затем добавляют пену и размешивают для получения равномерного пенного раствора. Добавление большего количества жидкой пены в воду позволяет получить более густой пенный раствор и увеличить количество пузырьков в пене. Очищающая способность пены при этом улучшается, но скорость бурения падает. При воздействии солнечных лучей пена, вышедшая из скважины на поверхность, через некоторое время полностью распадается. Пенный раствор, оставшийся в бочке, после завершения бурения может быть использован для мытья буровой установки из специального пистолета. При пневмоударном бурении раствор ПАВ добавляется в случае бурения липких, водоносных пород, чтобы избежать наматывания сальников и улучшить вынос шлама. Чем тверже породы, тем меньшее количество раствора ПАВ впрыскивается в воздушную магистраль.

## 5.4 Сравнительный анализ технологий бурения с пеной, воздухом и промывочной жидкостью

Данные по сравнительный анализ технологий бурения с пеной, воздухом и промывочной жидкостью сведены в таблицу 5.3.

Таблица 5.3.– Сравнительный анализ технологий бурения

	Преимущества	Недостатки
С применением газожидкостных дисперсных систем (ГЖС, пены)	Возможность бурения в неустойчивых горных породах и при катастрофических поглощениях. Возможность применения как в колонковом бурении, так и в пневмударном.	Требует специального оборудования. При бурении в неустойчивых горных породах требуется оборудование для охлаждения воздуха.
С промывкой буровым раствором с добавлением NaCl или CaCl <sub>2</sub>	Простота использования, без включения дополнительного оборудования.	Требует оборудования для охлаждения бурового раствора в теплое время года при бурении по неустойчивым горным породам.
С продувкой воздухом	Простота метода. Низкое влияние на стенки скважины. Высокая экологическая безопасность.	Требует специального оборудования для охлаждения и маслоотделения в теплое время года.

Опираясь на данные, приведенные в таблице 3.2 и, учитывая, что бурение будет проводиться колонковым набором диаметром НQ в устойчивых монолитных горных породах, то наиболее рациональным с технической и экономической точки зрения будет использование в качестве очистного агента технической вода с добавлением NaCl.

## **6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **6.1. Организационно-экономическая характеристика бурового предприятия**

Полное юридическое наименование компании: общество с ограниченной ответственностью «СЛ Золото».

Компания зарегистрирована в 2016 году

Основной вид деятельности: добыча руд и песков драгоценных металлов (золота, серебра и металлов платиновой группы).

Дополнительные виды деятельности: подготовка строительной площади; торговля оптовая металлами и металлическими рудами; работы геологоразведочные, геофизические и геохимические в области изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы; деятельность в области инженерных изысканий, инженерно-технического проектирования, управления проектами строительства, выполнения строительного контроля и авторского надзора, предоставление технических консультаций в этих областях; бурение водозаборных скважин.

## 6.2. Технико-экономическое обоснование выполнения проектируемых работ

### 6.2.1. Таблица видов и объемов проектируемых работ

Согласно геологическому заданию, комплекс проектируемых работ выглядит следующим образом (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Виды работ по объекту

№	Наименование работ	Ед. изм.	Объем
1	Проектно-сметные работы:		
	-сбор фондовых, архивных и опубликованных материалов по району исследований	стр.	100
	-составление предварительных графических материалов	лист	3
	-составление текстовой части на геологические работы	стр.	150
2	Полевые работы:		
	-буровые работы	м	12300
	-геофизические исследования скважин	м	12300

### 6.2.2. Расчет затрат времени, труда по видам работ

Проектно-сметные работы. Расчет затрат времени на проектно-сметные работы приведен в таблице 6.2

Таблица 6.2 – Расчет затрат времени на проектно-сметные работы

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Кол-во	Норма Выработки на 1 чел	Затраты труда чел-дни		Всего чел- дней
					Инженер геолог	Инженер по бур. работам	
1	Подготовительные работы						
1.1	Систематизация архивных материалов:						
	- текста и текстовых приложений	стр	500	25	20	-	20
	-графических приложений	лист	22	2	11	-	11

Продолжение таблицы 6.2

1.2	Рекогносцировочные работы	чел-дн	10	-	8	2	10
2	Проектирование						
2.1	Составление проектных ГТН (1 ГТН по 4,4дм <sup>2</sup> )	дм <sup>2</sup>	4,4	4		4	4
2.2	Составление геологической карты участка с проектными скважинами масштаба 1:5 000	дм <sup>2</sup>	32	4	4	-	4
2.3	Составление текстовой части проекта и приложений	стр	100	4	15	10	25
3	Согласование, утверждение проекта и сметы	чел-дн	7	-	4	3	7
	<b>Всего:</b>				<b>62</b>	<b>19</b>	<b>81</b>

Продолжительность проектирования определяется по формуле:

$$T_{\Pi} = \frac{\text{всего чел} - \frac{ДН}{n}}{N_c} \quad (6.1)$$

где n – количество человек, занятых на проектирование (n = 3);

$N_c$  – количество рабочих смен в месяц при односменной работе ( $N_c = 25,6$ ).

$$T_{\Pi} = (81/3)/25,6 = 1,05 \text{ (мес)}$$

Таблица 6.3 – Сметно-финансовый расчет затрат на заработную плату

Наименование должностей	кол-во человек	Районный коэффициент.	Оклад, руб	С учетом коэффициента (за 1 мес.)	С учетом коэффициента за время проведения работ
<b>Проектирование работ</b>					
Инженер-геолог	1	1,7	40 000	68 000	108 800
Инженер по буровым работам	1	1.7	40 000	68 000	108 800
Итого основная зарплата				136 000	217 600

Продолжение таблицы 6.3

Дополнительная зарплата (7,9%)				10 744	17 190,4
Итого заработной платы				146 744	23 4790,4
Отчисления на соц. нужды (35,6%)				52 240,86	83 585,38
<b>Итого</b>				<b>198 984,86</b>	<b>318 375,78</b>
<b>Проведение буровых работ</b>					
Буровой мастер	1	1.7	40 000	68 000	544 000
Инженер по буровым работам	1	1.7	40 000	68 000	544 000
Машинист буровой установки	10	1.7	35 000	595 000	4 760 000
Помощник машиниста буровой установки	10	1.7	25 000	425 000	3 400 000
Водитель водовозки	2	1.7	30 000	102 000	816 000
Водитель	1	1.7	25 000	42 500	340 000
Итого основная зарплата				1 300 500	10 404 000
Дополнительная зарплата (7,9%)				102 739,5	821 916
Итого заработной платы				1 403 239,5	11 225 916
Отчисления на соц. нужды (35,6%)				499 553,26	3 996 426
<b>Итого</b>				<b>1 902 792,76</b>	<b>15 222 342</b>

Буровые работы. Расчет затрат времени на бурение скважин буровой установкой Christensen СТ20 (таблица 6.4) рассчитывается с использованием методических указаний по организации, планированию и управлению буровыми работами.

Таблица 6.4 – Расчет затрат времени на бурение скважины буровой установкой

Категория пород по буримости	Диаметр ПРИ, мм	Объем бурения по категории (1 скв), м	Объем бурения по категории (24 скв), м	Норма времени вст-сметр	Итого затрат времени на объем (1 скв)
V	117,4	180	4100	0,04	7,2
VI	95,6	341,6	8200	0,05	17,08
Итого:					24,28

Затраты времени на бурение всего объема скважин

$$N_{\text{бур}} = 24,28 * 24 = 582,72 \text{ ст-см.}$$

Расчёт затрат времени(ст-см) на монтаж-демонтаж и перевозку буровых установок:

$$N_{\text{м-д}} = N_{\text{м-д}} * n \quad (6.2)$$

где  $N_{\text{м-д}}$  время монтаж-демонтаж установки;

$n$  – количество скважин.

$$N_{\text{м-д}} = 0,5 * 24 = 12 \text{ ст-см.}$$

Расчёт затрат времени на вспомогательные работы:

-крепление скважин обсадными трубами:

$$N_{\text{всп}} = H_{\text{обс}} * n \quad (6.3)$$

где  $H_{\text{обс}}$  – норма времени на крепление скважин обсадными трубами (ССН 93, т.72), ст-см на 1 м крепления.

$$N_{\text{всп}} = 0,2 * 24 = 4,8 \text{ ст-см}$$

Расчёт затрат времени на планово-предупредительный ремонт:

$$N_{\text{ппр}} = \frac{N_{\text{бур}}}{50} \quad (6.4)$$

$$N_{\text{ппр}} = \frac{582,72}{50} = 11,65$$

Расчёт общих затрат времени на бурение:

$$N_{\text{общ}} = N_{\text{бур}} + N_{\text{м-д}} + N_{\text{всп}} + N_{\text{ппр}} \quad (6.5)$$

$$N_{\text{общ}} = 582,72 + 12 + 4,8 + 11,65 = 611,17 \text{ ст-см.}$$

### 6.2.3. Расчет производительности труда обоснование количества бригад, расчет продолжительности выполнения проектируемых работ

Расчёт фактической коммерческой скорости:

$$P_{\text{мес}} = \left( \frac{Q}{N_{\text{общ}}} \right) * 60 \quad (6.6)$$

где  $P_{\text{мес}}$  – производительность труда буровой бригады за месяц;

$Q$  – объем бурения, м;

$N_{\text{общ}}$  – общие затраты времени;

60 – количество ст-см. в месяце при работе буровой в две смены.

$$P_{\text{мес}} = \left( \frac{12300}{611,17} \right) \cdot 60 = 1207,5 \frac{\text{м}}{\text{мес}}$$

Планируемое время ( $T_{\text{пл}}$ ) для выполнения работ целым количеством бригад (отрядов) рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{пл}} = \frac{Q}{P_{\text{мес}} \cdot n_{\text{бр}}} \quad (6.7)$$

где  $P_{\text{мес}}$  – производительность труда буровой бригады за месяц;

$Q$  – объем бурения, м;

$n_{\text{бр}}$  – количество буровых установок ( $n_{\text{бр}}=2$ ).

$$T_{\text{пл}} = 12300 / (1207,5 \cdot 2) = 5,09 \text{ мес}$$

Расчетное время выполнения, включая составление проектно-сметной документации

$$T_{\text{в}} = T_{\text{п}} + T_{\text{пл}} \quad (6.8)$$

$$T_{\text{в}} = 1,05 + 5,09 = 6,14 \text{ мес}$$

Срок выполнения задания 6,14 месяца. Расчетное время выполнения, включая составление проектно-сметной документации – 6,5 мес. Резерв времени – 0,36 мес.

#### 6.2.4. Материалы, основные фонды на буровые работы

Для проведения буровых работ используются основные фонды, указанные в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Сметно-финансовый расчет затрат на расходные материалы и ГСМ при проведении буровых работ

Наименование	Цена за 1 у.е. рубли	Плановый расход в месяц у.е.	Требуемое кол-во для проведения работ	Расходы за месяц, тыс. руб	Общий расход тыс. руб
Коронка импрегнированная диаметром 117,4 мм	16 000	1	8	16	128
Коронка импрегнированная диаметром 95,6 мм	10 000	30	240	300	2400
Алмазный расширитель	8 000	10	80	80	640
Релитовый переход	5 000	10	80	50	400
Масло дизельное бочка 200л	48 000	2	16	96	768
Масло гидравлическое канистра 20л	2 624	5	40	13,12	104,96
Антифриз 2л	1200	1	8	1,2	9,6
Солярка Бочка 200л	10 000	155	1 240	1550	12 400
Бензин бочка 200л	9 000	1,5	12	13,5	108
<b>Итого</b>				<b>2 119,82</b>	<b>16 958,56</b>

### 6.3. Организация, планирование и управление буровыми работами.

#### 6.3.1. Календарный план

Таблица 6.6 – Выполнение работ на месторождении

Наименование основных видов работ и этапов их выполнения	Сроки выполнения		
	Начало	Окончание	
Этап 1. Составление и утверждение проектно-сметной документации; сбор, анализ, комплексная интерпретация геологической, геофизической и геохимической информации.	II квартал 2022 г.	III 2022г.	квартал
Этап 2. Выявление условий залегания, промышленных параметров залежей золоторудопроявления с использованием геофизических и горно-буровых работ. Локализация перспективных участков с оценкой прогнозных ресурсов	III квартал 2022 г.	IV 2022 г.	квартал
Этап 3. Завершение горно-буровых работ. Локализация прогнозных ресурсов золоторудопроявления.	IV квартал 2022 г.	IV 2022 г.	квартал

#### 6.3.2. Режимы работы участков и численность производственного цикла

Режим работы принят в соответствии с действующими «Нормами технологического проектирования горнодобывающих предприятий с открытым способом отработки»:

- количество рабочих дней в году – 365;
- количество рабочих смен в сутки – 2 смены;
- продолжительность смены – 12 ч;
- бурение скважин осуществляются круглосуточно;
- вспомогательные работы выполняются в дневную смену; проведение ремонтов и ТО буровой техники – 172 ч/год. Планируемое количество производственных смен и расстановка производственного персонала обеспечивают выполнение планируемых объёмов работ.

Разнарядки буровых бригад проводятся в 8.00, 20.00 для работников открытых работ.

### 6.3.3. Финансовый план

Финансирование геологоразведочных работ осуществляется поквартально, это удобно и инвестору, и исполнителям, так как первые могут следить за промежуточными результатами, а вторые могут создать необходимые запасы и планировать выполнение работ и доходы. Итоги финансового и календарного плана включаются в договор с инвестором, который имеет юридическую силу.

Примечание:

Заработная плата – 30% от основных расходов. Материальные затраты – 40% от основных расходов. Амортизация – 30% от основных расходов.

Отчисления во внебюджетные фонды – 30% от расходов на оплату труда.

Фонд развития производства – 80% от чистой прибыли + амортизационные отчисления.

Премияльный фонд – 20% от чистой прибыли.

### 6.4. Стоимость одного метра пробуренной скважины

Экономическая оценка эффективности бурения оценивается стоимостью одного метра пробуренной скважины. Этот критерий является и интегральным, объединяющим как технические, так и стоимостные критерии, и в то же время локальным, так как отражает только часть затрат на проходку скважины в определенном интервале горных пород, определенным типом инструмента, при определенных параметрах режима бурения.

Зависимость общего вида для расчета стоимости бурения одного метра скважины  $C_M$  имеет следующий вид:

$$C_M = \frac{C_{ст}}{T} \left( \frac{1}{v_M} + \frac{T - T_б}{l_p} \right) + \frac{Ц}{L} \quad (6.9)$$

где  $C_{ст}$  - стоимость станко-смены, руб.;

$T$  - длительность станко-смены, ч;

$v_M$  - механическая скорость бурения, м/ч;

$T_б$  - время, затраченное непосредственно на углубление ствола скважины, ч;

$l_p$  – длина рейсовой проходки, м;

$C$  – стоимость бурового инструмента, руб.;

$L$  – проходка буровым инструментом (ресурс инструмента), м.

При построении экономико-технологической модели процесса разведочного бурения функция цели должна формулироваться как нахождение минимальной стоимости одного метра скважины, т. е.  $C_m \min$ .

При бурении снарядом без съёмного керноприемника требуется подъем всей бурильной колонны из скважины для извлечения керна, что еще более снижает долю времени  $T_b$ . В этом случае разность  $(T - T_b)$  в формуле (.1.) следует представить в виде суммы затрат времени на проведение спуско-подъемной операции при определенной глубине скважины  $(H - t_1)$  и затрат времени на замену изношенной буровой коронки и извлечение керна, отнесенных к одному метру бурения -  $t_2$ . Время  $t_1$  зависит от глубины скважины  $H$  и среднего времени спуска-подъема 1 м бурильной колонны  $K$  и может, таким образом, определяться из выражения  $t_1 = 2H \cdot K$ .

С учетом полученного выражения формула (.1.) для случая колонкового бурения без съёмного керноприемника примет вид

$$C_m = \frac{C_{ст}}{T} \left( \frac{1}{v_m} + \frac{2HK + t_2}{l_p} \right) + \frac{C}{L} \quad (6.10)$$

При колонковом бурении ССК при реализации рейса требуется выполнять подъем и последующий спуск керноприемника для извлечения керна. Операции подъема керноприемника с керном и спуска порожнего керноприемника в колонну составляют цикл бурения ССК, тогда как рейсовая проходка - интервал бурения от спуска до подъема всей бурильной колонны из скважины для извлечения керна и (или) замены изношенного бурового инструмента. Таким образом, необходимость реализации рейса является неотъемлемой частью любого бурового процесса независимо от глубины

скважины и других условий, а для завершения проходки скважины нужно сделать по крайней мере один полный рейс, тогда как цикл может выполняться только при использовании в бурении скважин комплексов ССК.

Рейсовая проходка - углубка скважины на интервале от спуска бурильной колонны в скважину до подъема колонны из скважины в связи с необходимостью извлечения керна из колонковой трубы или замены изношенного бурового инструмента.

Проходка за цикл - углубка скважины при бурении ССК на интервале от спуска кернаприемника в скважину до извлечения, заполненного керна кернаприемника из скважины.

Время на спуск-подъем кернаприемника  $t_3$  можно определить по формуле

$$t_3 = 2C \cdot H + t_4 (..)$$

где  $C$  – время на спуск-подъем одного метра троса с кернаприемником, ч/м;

$t_4$  – время на извлечение керна и смену кернаприемника, ч.

С учетом затрат времени на спуск-подъем кернаприемника формула (1) для расчета стоимости одного метра бурения ССК будет выглядеть следующим образом:

$$C_M = \frac{C_{ст}}{T} \left( \frac{1}{v_M} + \frac{2HK + t_2}{l_p} + \frac{2CH + t_4}{l_{ц}} \right) + \frac{Ц}{L} \quad (6.11)$$

где  $l_{ц}$  – проходка за цикл, м.

При бескерновом бурении длина рейсовой проходки равна общей проходке буровым инструментом, а, учитывая, что отбор керна не производится, зависимость (1) можно представить в виде

$$C_M = \frac{C_{ст}}{T} \left( \frac{1}{v_M} + \frac{2HK + t_2}{L} \right) + \frac{Ц}{L} \quad (6.12)$$

Из зависимостей (1)–(4) следует, что стоимость метра бурения определяется такими параметрами, как механическая скорость бурения, стоимость

бурового инструмента и его ресурс, затраты времени на вспомогательные операции. Для снижения стоимости метра скважины требуется повышать механическую скорость бурения, рейсовую проходку и проходку за цикл и время бурения, сокращая затраты производительного

времени на вспомогательные операции. Существенно влияют на стоимость метра затраты на буровой инструмент.

При бурении ССК в случае, если используются достаточно стойкие коронки, за счет применения съемного керноприемника при бурении на глубину 1500 м доля времени чистого бурения составляет 70–75 %, в отличие от бурения «классического», при котором эта доля может быть не более 40–50%.

В случае, если проходка на коронку при бурении ССК составляет 30 м, а длина керноприемника – 2 м, то при равных значениях механических скоростей бурения применение ССК будет экономически выгодно даже при незначительной глубине скважины, при условии, что стоимость породоразрушающего инструмента будет оптимальной.

Для оценки экономической эффективности сравниваемых способов бурения или буровых инструментов следует произвести расчет по формулам (1) - (4), а вероятностную эффективность определить как разность стоимости метра бурения, полученной при сравниваемых технологиях и (или) инструментах:

$$\Delta C = C_{mI} - C_{mII} \quad (6.13)$$

Анализ формул для расчета стоимости бурения показывает, что огромное значение имеет стоимость породоразрушающего инструмента. При этом важно соответствие стоимости станко-смены и стоимости инструмента. Так, например, если стоимость станко-смены невелика, то использование дорогостоящего бурового инструмента начинает составлять основную часть затрат, следовательно, использование такого инструмента нецелесообразно.

$$C_{mI} = \frac{31713,2}{12} \left( \frac{1}{2,5} + \frac{2 * 575 * 0,002 + 0,2}{50} + \frac{2 * 575 * 0,0002 + 0}{4,5} \right) + \frac{16000}{150}$$
$$= 1450,8 \text{ руб/м}$$

$$C_{MII} = \frac{31713,2}{12} \left( \frac{1}{2} + \frac{12-4}{9} \right) + \frac{5000}{9} = 4226 \text{ руб/м}$$

$$\Delta C = 1450.8 - 4226 = -2775.3 \text{ руб/м}$$

### 6.5. Заключение по разделу

Основные расходы по проектно-сметным работам составили 318375,78 руб., а основные расходы на работы по бурению составили 32180902 руб. Срок выполнения задания 6,14 месяца. Расчетное время выполнения, включая составление проектно-сметной документации – 6,5 мес. Резерв времени – 0,36 мес. Проведение работ планируется на II квартал 2022 года, а окончание – на IV квартал 2022 года.

Также в результате расчетов была доказана большая экономическая эффективность применения ССК. При бурении скважины буровым снарядом без съемного керноприемника произойдет рост затрат времени на проведение спуско-подъемных операций и снижение доли времени на углубку скважины. Другим важным обстоятельством, повышающим эффект от применения снарядов со съемным керноприемником, является то, что при спускоподъемных операциях перепады давления промывочной жидкости, вызванные перемещением снаряда, вызывают разрушение стенок скважины и их обваливание, соответственно, сокращение спуско-подъемных операций способствует сохранению ствола скважины без каких либо дополнительных технологических операций. По этим причинам расчетная стоимость метра бурения снарядом без съемного керноприемника может быть еще выше.

## **Заключение**

В процессе выполнения дипломного проекта было произведено описание географо-экономических характеристик и геологических условий.

В технической части проекта был выбран и обоснован способ бурения, конструкция и профиль проектных скважин, типоразмер коронок по интервалам бурения, режимы бурения для интервалов. Выбранная технология отбора керна с применением ССК позволит быстро и качественно отобрать керн.

Была подсчитана примерная стоимость проведения проектируемых буровых работ.

Для безопасного проведения работ были предусмотрены меры по охране труда, экологии и действия при чрезвычайных ситуациях при проведении работ.

В специальной части произведен обзор технических и технологических решений повышения эффективности сооружения скважины в многолетнемерзлых породах

## Список литературы

1. Кудряшов Б. Б., Яковлев А. М. Новая технология бурения скважин в мерзлых породах. Л., «Недра», 1973. 168 с.
2. Бурение геологоразведочных скважин: учебное пособие / В. Г. Храменков, В. И. Брылин; – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 244 с.
3. Способы, средства и технология получения представительных образцов пород и полезных ископаемых при бурении геологоразведочных скважин: Учебное пособие / С. С. Сулакшин; – Томск: Изд-во НТЛ, 2000. – 284 с.
4. Бурение со съёмными керноприемниками. / В. В. Григорьев; – М.: Недра, 1986. – 197 с.
5. Рекомендации по бурению скважин в мерзлых грунтах при инженерно-геологических изысканиях для строительства/ Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве ГОССТРОЯ СССР – Москва: Стройиздат, 1974 – 81с.
6. Система бурения со съёмным керноприемником – Boart Longyear, 2006 – 92с.
7. РС пневмударники MINCON MR – СЕТКО Коралайна Инжиниринг – 6 с.
8. ГОСТ 12.1.003–74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
9. ГОСТ 12.4.125–83 Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация.
10. СНиП 23-03-2003. Защита от шума.
11. ГОСТ 12.1.030–81: Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
12. СНиП 23.05–95 «Естественное и искусственное освещение».
13. СанПиН 2.2.2.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
14. ГОСТ 12.1.012–90 Вибрационная безопасность. Общие требования.
15. Правила безопасности при геологоразведочных работах. ПБ ГРР, –

2005 г.

16. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО ИНЖЕНЕРНЫМ ИЗЫСКАНИЯМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОССТРОЯ СССР. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО БУРЕНИЮ СКВАЖИН В МЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ ПРИ ИНЖЕНЕРНОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСКВА СТРОИИЗДАТ — 1974. 81 с