

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Специальность: технология геологической разведки
 Отделение нефтегазового дела

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Технология и техника сооружения скважин при детальной разведке рудопроявления «Красное» (Иркутская область)

УДК 550.822.7-047.74:553.3/.4(571.53)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
224Б	Дыхов Алексей Юрьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Брылин В.И.	К.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Геолого-методическая часть»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тимкин Т.В.	К.г.-м.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Винокурова Г.Ф	К.т.н.		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	К.э.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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



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

Инженерная школа природных ресурсов
Специальность: 21.05.03 «Технология геологической разведки»
Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись)

(Дата)

Ростовцев В.В.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

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

Студенту:

Группа	ФИО
224Б	Дыхову Алексею Юрьевичу

Тема работы:

**Технология и техника сооружения скважин при детальной разведке рудопроявления
«Красное» (Иркутская область)**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: рудопроявление «Красное» Иркутская область.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Технология и техника проведения буровых работ. 2. Вспомогательные и подсобные цехи. 3. Отбор ориентированного керна
Перечень графического материала	1. Обзорная карта района. 2. Геологический разрез и план профилей по разведочным линиям 32 и 35. 3. Геолого-технический наряд. 4. Схема расположения бурового оборудования. 5. Буровой снаряд. 6. Схема керноскопа Ezy-Mark.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Геолого-методическая часть	Тимкин Т.В.
Социальная ответственность	Винокурова Г.Ф.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Брылин В.И.	К.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
224Б	Дыхов Алексей Юрьевич		

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Специальность: 21.05.03 «Технология геологической разведки»
 Уровень образования: Специалитет
 Отделение нефтегазового дела
 Период выполнения: осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	<i>Описание теоретической части проекта</i>	
	<i>Выполнение расчетной части проекта</i>	
	<i>Устранение недостатков проекта</i>	

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Брылин В.И.	К.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ГЕОЛОГО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
224Б	Дыхову Алексею Юрьевичу

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	ОНД
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	Технология геологической разведки

Исходные данные к разделу «Геолого-методическая часть»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Полевые работы на стадии детальной разведки рудопроявления «Красное».
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Географо-экономические условия проведения работ	Административное положение района работ, анализ географических и климатических условий района работ, экономическая характеристика района работ.
2. Обзор ранее проведенных геологоразведочных работ	Объемы и методика ранее проведенных на участке геологоразведочных работ
3. Геологическая характеристика объекта геологоразведочных работ	Геологическая, структурная, литологическая гидрогеологическая характеристики района работ
4. Методика проведения проектируемых геологоразведочных работ	Выбор и описание методик проведения основных видов проектируемых работ
5. Методика, объемы и условия проведения буровых разведочных работ	Выбор методики проведения буровых работ, определение объемов буровых работ, анализ геолого-технических условий

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тимкин Т.В.	К.г.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
224Б	Дыхов А.Ю.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
224Б	Дыхову Алексею Юрьевичу

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	ОНД
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	Технология геологической разведки

Тема ВКР:

Технология и техника сооружения скважин при детальной разведке рудопроявления «Красное» (Иркутская область)

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Полевые работы на стадии детальной разведки рудопроявления «Красное».
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019); ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ «Система стандартов безопасности труда. Общие эргономические требования».
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных опасных факторов и мероприятия по их устранению 2.2. Анализ выявленных вредных факторов и мероприятия по их устранению	Опасные факторы: – движущиеся машины и механизмы различного оборудования; – острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности инструментов труб; – поражение электрическим током. Вредных факторы: – отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте; – повышенная загазованность и запыленность; – повреждения в результате контакта с насекомыми.
3. Экологическая безопасность:	Область воздействия: – уничтожение и повреждение почвенного слоя; – загрязнение почвы; – усиление эрозионной опасности; – уничтожение растительности; – лесные пожары; – загрязнение подземных вод.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее типичная ЧС – пожары.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Винокурова Г.Ф.	К.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
224Б	Дыхов А.Ю.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
224Б	Дыхову Алексею Юрьевичу

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	ОНД
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	Технология геологической разведки

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Рассчитать сметную стоимость проектируемых геологоразведочных работ.
2. <i>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.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Ставка налога на прибыль 20 %; Социальные отчисления 30%; Налог на добавленную стоимость 20%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	Свод видов и объемов геологоразведочных работ.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований (НИ)</i>	Расчет трудоемкости работ и сметной стоимости проектируемых работ
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Сформировать календарный план выполнения работ.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	К.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
224Б	Дыхов Алексей Юрьевич		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<u>Профессиональные компетенции</u>	
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
<u>Универсальные компетенции</u>	
P7	Использовать <i>глубокие знания по проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной</i> 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 <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации
P10	Демонстрировать <i>глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i>
P11	<i>Самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 142 страницы, 33 таблиц, 17 рисунков, 22 источников, 6 графических рисунков.

Перечень ключевых слов: Бодайбо, LF-70PQ, рудное золото, керноскопы, Ezy-Mark.

Проводятся работы детальной разведки на рудное золото на рудопроявление «Красное», Иркутская область.

Цель работы: разработка технологии и техники сооружения скважин при детальной разведки рудопроявления с углубленным рассмотрением вопроса отбора ориентированного керна.

В течение разработки проекта на поисково-оценочные скважины проводились работы: по геолого-методической части, технологии и техники проведения буровых работ, социальной ответственности при проведении буровых работ, финансовому менеджменту.

В результате проектирования: была дана полная геологическая характеристика объекта; произведен выбор бурового и вспомогательного оборудования, удовлетворяющий всем требованиям; был 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 предоставляется полное описание буровой установки LF-70PQ и её укомплектованности; приведены технические характеристики каждой составляющей единицы буровой установки и буровой установки в целом.

Значимость работы: проведение работ детальной разведки рудопроявления «Красное» с последующим подсчетом запасов рудного золота, позволит спроектировать добычу и переработку запасов.

ABSTRACT

Final qualifying work consists of 142 pages, 33 tables, 17 figures, 22 sources, 6 graphic drawings.

A list of key words: Bodaybo, LF-70PQ, gold ore, ceroscopy, Ezy-Mark.

The work carried out detailed exploration for ore gold in the ore occurrence "Red", Irkutsk region.

The purpose of the work: development of technology and equipment for construction of wells in the detailed exploration of ore with in-depth consideration of the selection of oriented core.

During the development of the project on the search and evaluation wells were carried out work: on the geological and methodological part, technology and techniques of drilling, social responsibility during drilling, financial management.

The result of the design was given the geological characteristics of the object; selection of drilling and ancillary equipment to meet your requirements; analysis was made of all harmful and hazardous factors during the exploration works within the object; made an estimate-financial calculation.

Basic design, technological and technical and operational characteristics: the project provides a complete description of the drilling rig LF-70PQ and its completeness; technical characteristics of each component of the drilling rig unit and the drilling rig as a whole.

The significance of the work: the detailed exploration of the ore "Red" with the subsequent calculation of ore gold reserves, will allow to design the production and processing of reserves.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	16
1. ГЕОЛОГО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	17
1.1. Географо-экономические условия проведения работ.....	17
1.1.1. Административное положение объекта работ	17
1.1.2. Климат.....	17
1.1.3. Рельеф.....	18
1.1.4. Гидросеть	18
1.1.5. Растительность, животный мир	19
1.1.6. Пути сообщения.....	19
1.2. Обзор ранее проведенных геологоразведочных работ.....	20
1.3. Геологическая характеристика объекта геологоразведочных работ	24
1.3.1. Геолого-структурная характеристика.....	24
1.3.2. Геофизическая характеристика района работ	35
1.3.3. Гидрогеологическая характеристика района работ	36
1.4. Методика проведения проектируемых геологоразведочных работ	37
1.4.1. Геологические задачи и методы их решения	38
1.4.2. Перечень проектируемых геологоразведочных видов работ	39
1.5. Методика и условия проведения буровых разведочных работ.....	41
1.5.1. Методика проведения буровых работ	41
1.5.2. Геолого-технические условия бурения скважин. Свойства горных пород. Характеристика разреза.....	42
2. ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ПРОВЕДЕНИЯ БУРОВЫХ РАБОТ	43
2.1. Краткий анализ организации буровых работ на предыдущих этапах разведки месторождения.....	43
2.2. Выбор способа бурения скважин и способа удаления продуктов разрушения пород при бурении.....	43
2.3. Разработка типовых конструкций скважин	44
2.3.1. Определение конечного диаметра скважины.....	45
2.3.2. Определение интервалов осложнений и выбор мероприятий по их предупреждению	46
2.3.3. Разработка конструкция скважины	47
2.4. Выбор буровой установки.....	49
2.4.1. Буровая мачта	51
2.4.2. Буровой насос	52

2.4.3. Буровое здание.....	53
2.4.4. Выбор бурильных труб.....	54
2.5. Выбор технологического бурового инструмента и расчет технологических режимных параметров бурения	55
2.5.1. Проходка горных пород	55
2.5.2 Технология бурения по полезному ископаемому	60
2.5.3 Техника и технология направленного бурения скважин.....	61
2.5.4 Обеспечение свойств очистного агента в процессе бурения	61
2.6 Реализация намеченных мероприятий по закреплению стенок скважины, сложенных неустойчивыми породами	62
2.7. Проверочные расчеты бурового оборудования	64
2.7.1. Проверочный расчет мощности привода буровой установки.....	64
2.7.2. Расчет мощности привода насоса	67
2.7.3. Проверочный расчет бурильных труб при нормальном процессе бурения.....	69
2.7.3.2. Определение запаса прочности бурильных труб в любом сечении растянутой части колонны	73
2.7.3.3. Определение запаса прочности бурильных труб в нулевом сечении	75
2.7.4. Проверочные расчеты грузоподъемности мачты	77
2.8. Разработка мероприятий по предупреждению аварий при бурении скважин	80
2.9 Выбор источника энергии.....	83
2.10 Механизация спуско-подъемных операций	85
2.11. Использование буровой контрольно-измерительной аппаратуры (БКИА)	85
2.12. Монтаж и демонтаж бурового оборудования	86
2.13. Ликвидация скважин	87
3. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	89
Введение	89
3.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	89
3.1.1. Особенности регулирования труда лиц, работающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях.....	89
3.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	91
3.2. Производственная безопасность.....	91
3.2.1. Анализ опасных факторов и мероприятия по их устранению	93

3.2.2. Анализ вредных факторов и мероприятия по их устранению	95
3.3. Экологическая безопасность.....	99
3.3.1. Анализ влияния геологоразведочных работ на окружающую среду и обоснование мероприятий по их устранению	99
3.3.2. Намечаемое направление рекультивации нарушенных горными работами земель	101
3.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	102
Заключение	104
4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ И ПОДСОБНЫЕ ЦЕХА.....	105
4.1. Организация ремонтной службы	105
4.2. Организация электроснабжения	105
4.3. Организация водоснабжения и приготовления буровых растворов	106
4.4. Транспортный цех	106
4.5 Диспетчерская служба.....	107
4.6 Служба КИП и средства автоматики.....	108
5. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОТБОРА ОРИЕНТИРОВАННОГО КЕРНА СНАРЯДАМИ ССК С ЦЕЛЬЮ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ДЛЯ ДАННЫХ УСЛОВИЙ ...	109
5.1. Классификация приборов для получения ориентированного керна	111
5.2. Классификация ориентаторов и способов ориентирования в кернометрии	113
5.3. Техническая характеристика и анализ керноскопов КС «Иркутскгеология», Ezy-Mark, Verti-ori.	118
5.4 Сравнительные испытания керноскопов и выбор оптимального варианта	124
6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	127
6.1. Организационно-экономическая характеристика предприятия	127
6.2. Техничко-экономическое обоснование выполнения проектируемых работ	128
6.2.1. Технический план	128
6.2.2. Расчет затрат времени	129
6.2.3 Расчет затрат труда и квалификационный состав буровой бригады	130
6.2.4. Расчет производительности труда, обоснование количества бригад	131
6.3. Стоимость проектируемых работ	132

6.3.1. Расчет суммы основных расходов по видам работ (СМ-5), сметно-финансовые и прочие сметные расчеты.....	132
6.3.2. Общий расчет сметной стоимости проектируемых буровых работ (СМ-1).....	133
6.3.3 Сметно-финансовый расчет проектно-сметных работ	135
6.4. Организация, планирование и управление буровыми работами	136
6.4.1. Календарный план	137
6.4.2. Финансовый план	137
6.4.3. Стимулирование труда	138
6.4.4. Стратегия развития предприятия.....	138
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	140
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	141

ВВЕДЕНИЕ

Проектом предусматривается бурение 60 разведочных скважин. Бурение колонковых скважин на рудопроявление «Красное» будет проводится с целью прослеживания и оценки рудной зоны на глубину, изучения ее морфологии и вещественного состава, уточнения геологической структуры рудопоявления, получения данных о параметрах оруденения. В работе предоставляется полное описание буровой установки LF-70PQ и ее укомплектованности. В проектных материалах указаны способы бурения, определена конструкция скважин, их глубина, диаметры породоразрушающего инструмента (ПРИ), глубины спуска обсадных колонн. 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 «Прикладная геология» расположенной в Красноярском крае, г. Красноярск, п. Солонцы.

1. ГЕОЛОГО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Географо-экономические условия проведения работ

1.1.1. Административное положение объекта работ

В административном отношении лицензионный участок находится в Бодайбинском районе Иркутской области.

Лицензионный участок, перспективный на выявление золоторудных объектов, располагается в северной части Бодайбинской сложной синклинали, являющейся частью Бодайбинского синклинория. На площади участка имеются россыпные месторождения золота. Золоторудная минерализация относится к двум, обычно пространственно совмещенным, типам: кварц-сульфидному прожилково-вкрапленному и кварцево-жильному малосульфидному. Рудопроявление «Красное» располагается в пределах Северо-Бодайбинской рудной зоны, являющейся частью Артемовского рудного узла.

Территория лицензионного участка «Красное» расположена на правом берегу р. Бодайбо, в ее верхнем течении. Район достаточно хорошо освоен в экономическом отношении, располагаясь в 70...80 км от разведанных рудных месторождений Сухой Лог, Вернинское и Высочайший. В окрестностях ведется добыча золота из россыпей различных типов. В административном отношении объект подведомственен Артемовскому городскому поселению Бодайбинского района Иркутской области.

1.1.2. Климат

Климат района резко континентальный. Средняя годовая температура воздуха - 6°С. Колебания средних температур от - 54°С в январе и до +34°С в июле. Среднегодовое количество осадков – 350 мм, большая часть которых выпадает в тёплый период. Снег выпадает в середине или конце сентября и полностью тает в конце июня. Мощность снежного покрова в долинах достигает 2...4 м.

1.1.3. Рельеф

Природные ландшафты территории рудопроявления «Красное» ранее незначительно нарушены проходкой линейных объектов (горные выработки, временные технологические дороги), а в последнее время весьма осложнены гидромеханической отработкой россыпей ручьев Красный и Теплый.

В орографическом отношении район расположен в пределах Патомского нагорья с типичным среднегорным рельефом. Абсолютные отметки колеблются от 800 до 1200 м, относительные превышения достигают 500...600 м. Рельеф характеризуется сглаженными вершинами водоразделов и крутыми, до 30° (в среднем 10...15°), склонами, перекрытыми шлейфом склоновых отложений мощностью в первые метры. Обнажённость территории плохая. Выходы коренных пород локальны. На водораздельных седловинах и подножиях склонов отмечаются останцы ледниковых отложений мощностью до первых десятков метров. Речные долины широкие, часто заболоченные. Большая часть долин осложнена техногенными отложениями в результате отработки россыпей. Мощность аллювия достигает пятидесяти метров. Техногенные отвалы мощностью в десятки метров, особенно по ручью Теплый, существенно осложняют проведение геологоразведочных работ.

1.1.4. Гидросеть

Речная сеть района работ представлена небольшими водотоками, почти полностью перемерзающими зимой. Основной водной артерией являются река Бодайбо с притоками: ручьи Красный, Теплый и Мокрый. В небольших распадках встречаются непротяженные ключи, пересыхающие в летнее время после окончания таяния мерзлоты. Наибольший расход воды приходится на май-июнь, август – период интенсивного снеготаяния и дождей. Повсеместно на склонах и водоразделах, особенно северной экспозиции, распространена многолетняя мерзлота. Талые зоны отмечаются под руслами рек. Глубина

сезонного оттаивания к концу лета не превышает двух метров на южных склонах и до одного метра на северных.

1.1.5. Растительность, животный мир

Фауна и флора типично сибирская, таежная. Строек лес на площади работ практически отсутствует, что связано с его вырубкой при эксплуатации россыпей. Растительность в долинах рек и «потяжинах» склонов представлена густыми зарослями тальника, молодой порослью осины, березы, ели и лиственницы. Верхние части склонов, и водоразделы покрыты зарослями кедрового стланика.

1.1.6. Пути сообщения

Ближайший населенный пункт – пос. Артемовский находится в 15 км. До районного центра г. Бодайбо – 75 км. Через участок проходит автодорога Бодайбо-Кропоткин-Перевоз. В пределах участка в нижнем течении ручьёв проходят гравийные и грунтовые автодороги, используемые в настоящее время артелями старателей. В зимний период, в пределах участка, дороги нуждаются в расчистке от снега. Доставка грузов на участок производится с базы ООО «Копыловское» (г. Бодайбо) автомобилями повышенной проходимости. Основная часть грузов на базу доставляется от ближайшей железнодорожной станции Таксимо по автомобильной дороге протяженностью 220 км. В период навигации возможна доставка водным путём по рекам Лена и Витим от речного порта Осетрово (г. Усть-Кут) до г. Бодайбо (750 км). В г. Бодайбо функционирует аэропорт, принимающий грузовые и пассажирские самолёты средней грузоподъёмности из городов Иркутск (1200 км.), Братск, Мирный, Киренск, Усть-Кут. Телефонная связь на участке с базой и руководством компании осуществляется при помощи спутникового телефона, интернета.

1.2. Обзор ранее проведенных геологоразведочных работ

Этап крупномасштабных исследований в районе работ начинается со второй половины 50-х годов. В 1957 году ИГУ проводило геолого-съёмочные работы масштаба 1:50000 на части площади Бодайбинского синклинория (Печерский В.П., Цедрик Л.Р., Баранов В.А. и др.). Главное внимание было уделено расчленению древних толщ, были исследованы и выделены участки для поисков рудного золота.

В период 1959-1961 гг. на площади Артемовского рудного узла проводилась геологическая съёмка масштаба 1:25000 Бодайбинской экспедицией ИГУ (Аникин В.А.). Этими работами уточнены литолого-стратиграфические особенности осадочно-метаморфических толщ, проведены поиски на большей части рудопроявлений. Составлена геологическая карта масштаба 1:25000.

В 1963-1966 гг. выполнялись работы по оценке перспектив рудной золотоносности Артемовского рудного узла. Работы являлись попыткой обобщить весь имеющийся материал по рудной золотоносности.

М.М. Гапеева, А.Е. Гапон проводят на площади района специализированные геохимические поиски масштаба 1:25000. Выявлены крупные геохимические аномалии, пространственно совпадающие с выделенными ранее перспективными площадями.

В 1968 году закончены работы по составлению кондиционной геологической карты масштаба 1:50000 (Аникин В.А.). Исходя из анализа структурной обстановки, критериев и признаков рудной золотоносности произведена разбраковка площади по степени перспективности и очередности.

В 1971-1974 гг. институтом ВостСибНИИГГиМС по материалам прошлых лет проведено изучение закономерностей локализации рудного золота в центральной части Ленского золотоносного района (Александров А.Л.), составлена карта золотоносности Бодайбинского района в масштабе 1:100000, которая сопровождается схемой прогноза и перспективной оценкой участков на

рудное золото. По сумме факторов и признаков перспективы района на рудную золотоносность оцениваются высоко.

В конце 1970 года район работ вошел в площадь геологического доизучения масштаба 1:50000, проведенного ИГСЭ. Результаты последних региональных работ послужили основой для современных представлений о геологии и металлогении района.

В 1981-1983 гг. Рудной партией Бодайбинской экспедиции (В.Г. Мартыненко, 1983 г) было положено начало этапа поисковых работ масштаба 1:25000 на рудное золото в пределах Артемовского рудного узла. На рудопроявление «Красное» были выполнены поисковые маршруты, кварцевометрическая и литогеохимическая съемки, пройдены поисковые канавы, а также пробурены скважины с отбором керна. Выполненный комплекс поисковых и тематических работ позволил уточнить литолого-структурную обстановку рудопроявления «Красное», определив масштаб проявления и уровень концентрации золоторудной минерализации.

Благодаря комплексу проведенных работ было выполнено оконтуривание зон кварц-сульфидной и кварцево-жильной минерализации рудопроявления. Геохимическими исследованиями было установлено, что для рудопроявления «Красное» золото в рудах сопровождается повышенными концентрациями серебра, мышьяка, свинца, в меньшей степени меди и цинка.

Основные выводы по результатам работ следующие:

- формирование крупных кварц-сульфидных зон, содержащих рудные тела, возможно только в мощных (десятки-сотни метров) горизонтах углеродистых алевропелитовых пород;
- если за эталонный объект брать месторождение Сухой Лог, где карбонатные породы формируют геохимический барьер, благоприятствующий концентрации золота, то на территории работ, при отсутствии горизонтов известняков, в кварц-сульфидных зонах наблюдается рассеянное оруденение с образованием мелких, редко среднего размера рудных тел (рудопроявление «Красное»).

В 2004-2005 годах ЗАО «Ленсиб» (Мельник Л.И., 2006 г.) продолжает поисковый этап на рудопроявление «Красное». Специалистами компании была принята геолого-экономическая модель, исходя из которой, и была сформирован план ГРР, подразумевавший прирост ресурсов золота на территории за счет рудопроявлений Верхне-Бодайбинской антиклинали. То есть, рудопроявление «Красное», как отдельный объект не рассматривалось, полагая, что экономическую рентабельность район может иметь лишь при наличии нескольких сближенных месторождений, в качестве которых выступали минерализованные зоны Верхне-Бодайбинской антиклинали (рудопроявление Антиклинальное и ряд пунктов минерализации к востоку от него).

Основные результаты работ ЗАО «Ленсиб»:

1) Уточнена структура Верхне-Бодайбинской антиклинали, особенно в ее периклинальном замыкании.

2) Уточнены факторы контроля золотого оруденения:

а) наиболее благоприятными для локализации оруденения являются стратиграфические уровни, отличающиеся частым чередованием слоев песчаников и сланцев, а также контактовые зоны относительно мощных слоев песчаников, разделенных тонкими прослоями углеродистых сланцев;

б) наибольшая концентрация наложенной минерализации (прожилково-вкрапленной кварц-сульфидной и кварцевой) связана с тектонически ослабленными зонами: осевые части антиформных складок, их осложненные складками более высоких порядков периклинальные замыкания; соскладчатые осложнения (трещины, кливаж, сланцеватость).

3) в выделенных зонах интенсивной сульфидной минерализации и окварцевания на площади работ в пределах Верхне-Бодайбинской антиклинали выявлено 8 золотоносных зон. Установлено, что содержание золота во всех зонах менее 1 г/т. Редко, в отдельных интервалах оно достигает 1,5...2,3 г/т.

В 2010-2012 гг. ООО «Прикладная геология» выполнило геологоразведочные работы средствами проходки поверхностных горных

выработок и колонкового бурения скважин, по результатам камеральных работ проведен оперативный повариантный подсчет запасов по трем бортам.

Повариантный оперативный подсчет запасов по категории C_2 и прогнозных ресурсов по категориям P_1 и P_2 проведен в среде ГГИС «Micromine» по кондициям с бортами 0,7, 1,0, 1,3 г/т. Общие запасы (ресурсы) при указанных бортах соответственно составили 34032,58 кг (среднее содержание золота 2,28 г/т), 31062,68 кг (среднее содержание 2,55 г/т), 26299,59 кг (среднее содержание 3,04 г/т).

Разработаны предварительные геолого-экономические оценки отработки месторождения тремя относительно независимыми методами по трем величинам бортового содержания. Расчеты показали, что:

1) при добыче руды в объеме 2000 тыс. т. небольшую прибыльность проекта обеспечивает вариант подсчета запасов с бортом 1,0 г/т (методика расчета ТЭП по производственным и стоимостным параметрам российских проектов освоения золоторудных объектов);

2) при добыче руды в объеме 1000 тыс. т. наибольшую эффективность ТЭП демонстрирует вариант подсчета запасов с бортом 1,0 г/т (методика расчета ВостСНИИГГиМС);

3) при добыче руды 2820,5 тыс. т. наибольшую эффективность ТЭП освоения реализует оптимальный карьер №3 (методика расчета в среде ГГИС «Micromine»). Даны рекомендации по планированию дальнейших геологоразведочных работ на рудопроявлении «Красное» и других участках лицензионной площади.

Оценивая результаты работ предшественников, следует признать явную недоизученность Северной минерализованной зоны [1].

1.3. Геологическая характеристика объекта геологоразведочных работ

1.3.1. Геолого-структурная характеристика

1.3.1.1 Литологическая характеристика района работ

Центральная часть Ленской золотоносной провинции (Артемовский рудный узел), в пределах которого находится рудопроявление «Красное», располагается в миогеосинклинальном поясе байкалид в северном крыле Бодайбинской сложной синклинали – одной из главных структур центральной части Бодайбинского синклинория.

Бодайбинская синклиналь сложена осадочно-метаморфическими породами бодайбинской серии верхнепротерозойского комплекса и перекрывается рыхлыми отложениями четвертичной системы.

Бодайбинская серия верхнего рифея по литолого-фациальным особенностям разделяется на две части. Верхняя, включающая анангскую, догалдынскую и илигирскую свиты, характеризуется развитием существенно песчаных и терригенно-карбонатных отложений. Нижняя, представленная аунакитской и вачской свитами, сложена углеродистыми мономиктовыми кварцевыми песчано-сланцевыми отложениями.

Особенности литологического состава пород находят свое отражение в геофизических полях. Углеродистые песчано-сланцевые отложения характеризуются низкими значениями кажущихся сопротивлений (КС) – от первых единиц Ом до 500 Ом и интенсивными отрицательными значениями естественного поля (ЕП) – от 100 до 1000 мВ. Аунакитская и вачская свиты по данным АГСМ отличаются относительно повышенными концентрациями радиоактивных элементов. В полях магнитной напряженности это спокойные, участками слабо дифференцированные, отрицательные магнитные поля.

На дневную поверхность в пределах рудопроявления «Красное» на выходят породы аунакитской, вачской и анангской свит.

Аунакитская свита (R_{3au}) является наиболее древним подразделением на рассматриваемой площади. Отложения свиты в пределах проектируемой площади развиты на северо-западе и слагают ядерные части Верхне-Бодайбинской и Рудной антиклиналей, осложняющих более крупную Бодайбинскую синклиналь. По своим литологическим особенностям свита разделена на три подсвиты. Следует отметить, что литологический состав песчаников меняется от кварц-серицитовых на ЮВ площади до карбонатных на СЗ.

Нижняя подсвита (R_{3au1}) сложена преимущественно (на 90%) кварцевыми песчаниками с единичными прослоями углеродистых филлитов и известковистых песчаников. Мощность подсвиты в пределах участка работ составляет 100...120 м, породы не выходят на поверхность, а фиксируются только в буровых скважинах.

Средняя подсвита (R_{3au2}) представлена темно-серыми, серыми углеродистыми филлитами с маломощными прослоями кварцевых песчаников и алевролитов. Мощность подсвиты 400 м.

Верхняя подсвита (R_{3au3}) распространена наиболее широко. Нижняя часть разреза представлена серыми, темно-серыми кварцевыми метапесчаниками с прослоями темно-серых углеродистых алевроитовых сланцев, которые начинают преобладать в средней части разреза над углеродистыми метапесчаниками. Верхняя часть разреза характеризуется преобладанием кварцевых метапесчаников (70...75%) с прослоями углеродистых хлорит-серицит-кварцевых сланцев и редкими прослоями известковистых метапесчаников. Мощность подсвиты 400...500 м.

Как видно из вышеописанного, в строении свиты участвуют породы двух литологических групп: метапесчаники и сланцы. Песчаники на известковистом цементе имеют подчиненное развитие.

Общая мощность аунакитской свиты 1000 м.

Вачская свита (R_3vc). Отложения данной свиты занимают центральную часть территории. В структурном отношении они слагают крылья антиклинальных складок и ядро Ложковой синклинали.

Свита сложена черными высокоуглеродистыми и серицит-кварцевыми сланцами (80...95 %) с маломощными прослоями углеродистых кварцевых песчаников. Для низов разреза характерным является грубое переслаивание пород с мощностью прослоев 0,5 м и более. Мощность свиты колеблется от 400 м до 600 м в зависимости от структурного положения.

По литологическим особенностям пород (однородный состав, черная окраска, высокое содержание углеродистого вещества), вачская свита резко выделяется в разрезе и является маркирующей стратиграфической единицей региона.

Вачская свита расчленена на две подсвиты: верхнюю и нижнюю.

Нижняя подсвита (R_3vc_1), первый горизонт (R_3vc_{11}), характеризуется высокоуглеродистыми кремнистыми сланцами с прослоями темно-серых кварцитовидных песчаников. *Второй горизонт (R_3vc_{12})* сложен черными высокоуглеродистыми филлитами и серицит-кварцевыми сланцами с редкими прослоями квац-серицитовых песчаников.

В пределах *верхней подсвиты (R_3vc_2)* также выделяется два горизонта: *первый горизонт (R_3vc_{21})*, преимущественно представлен переслаиванием темно-серых кварцитов и высокоуглеродистых филлитов, *второй горизонт (R_3vc_{22})* сложен черными высокоуглеродистыми филлитами и серицит-кварцевыми сланцами.

Анангрская свита (R_3an). Отложения анангрской свиты отмечаются на юге территории, слагая южное крыло Рудной антиклинали и на северо-востоке залегая согласно на породах вачской свиты. По особенностям литологического состава пород выделяются две подсвиты: нижняя – черносланцевая и верхняя – светлая песчаниковая.

Нижняя подсвита (R_3an_1) представлена двухкомпонентным ритмичным переслаиванием темно-серых углеродистых алевроитовых сланцев и серых

мелкозернистых мета-песчаников. Мощность данной подсвиты составляет 150 м.

Верхняя подсвита (R_{3an_2}) объединяет в своем составе комплекс грубопереслаивающихся светлых разномзернистых метапесчаников, углеродистых сланцев и метаалевролитов, редкие линзы полимиктовых метагравелитов. Мощность подсвиты 200...300 м.

По данным электроразведки, образования вачской и анангской свит характеризуются дифференцированным полем кажущихся сопротивлений от единиц до 100 Ом*м и аномалиями ЕП интенсивностью от -500 до -750 мВ. Магнитные поля спокойные, отрицательные с интенсивностью 0,25...0,75 мЭ, характерные для зон низкого метаморфизма.

С позиций потенциальной рудоносности, полагается, что перспективными для локализации оруденения являются породы аунакитской и вачской свит. Они по своему литологическому составу благоприятны для формирования сульфидно-прожилковых золоторудных объектов. Кварцево-жильное оруденение (мощность и количество жил) повсеместно увеличивается с возрастанием компетентности пород и в основном подчиняется структурному контролю.

Четвертичные отложения, перекрывающие образования верхнего рифея, занимают практически всю дневную поверхность. В пределах района работ выделяются отложения верхнего плейстоцена (Q_{III}) и голоцена (Q_{IV}) четвертичной системы.

Верхнеплейстоценовые ледниковые отложения представлены глыбами, щебнем, дресвой, редкими валунами и галькой местных, реже экзотических пород с алевроитовым, илисто-глинистым и песчаным заполнителем. Размеры валунов и глыб достигают 4 м, общее количество щебнисто-глыбового и галечно-валунного материала составляет около 30%.

Водно-ледниковые отложения отличаются от ледниковых ленточно-слоистым строением за счет преобладания в общей массе илисто-глинистой

составляющей, разнозернистых песков и супесей. Верхние части разреза зачастую сложены галечниками.

Общая мощность комплекса ледниковых и водно-ледниковых отложений (Q_{III}) достигает 15...20 м, над террасами местами уменьшается и составляет 4...6 м.

Современные отложения (Q_{IV}) экзогеодинамического ряда представлены следующими генетическими типами: русловым аллювием, аллювием низких надпойменных террас 3...15 м и 20...40 м уровней, а также делювиально-солифлюкционными и пролювиальными образованиями. По водоразделам развиты элювиальные отложения коры выветривания физического, по преимуществу, ряда.

Для аллювиальных отложений территории характерно двухчленное строение: в основании разреза залегают валунно-галечные образования и галечники русловых фаций с поверхности перекрываемые песком, супесями, суглинками.

В составе материала современного аллювия доминируют разноокатанные обломки верхнерифейских метаморфических пород. В незначительном количестве присутствует хорошо окатанная галька гранитоидов конкудеро-мамаканского комплекса.

Склоновые образования представлены курумниками, осыпями, конусами выноса временных потоков, делювиальными шлейфами подножий. Это неокатанные обломки местных пород, заключенные в глинисто-суглинистый матрикс. Количество последнего возрастает в нижней части разреза.

Элювий водоразделов и пологих склонов представляет собой «разборную» скалу, перекрытую слабо связанными криокластитами коренных пород. По составу это дресвяно-щебенисто-глыбовые обломки в криопелитовом матриксе, сформированные на местном субстрате. Элювий плащеобразно перекрывает вышеназванные геоморфологические таксоны, вуалируя первоначальное залегание пород и затрудняя наблюдения. Обломочный материал зачастую сильно выветрелый. Количество последнего увеличивается к

подошве рыхлого горизонта, где он переходит в структурный элювий коренных пород.

Интрузивные магматические породы в районе работ не зафиксированы, хотя широко распространены по периферии Бодайбинской зоны. Так гранитные массивы конкудеро-мамаканского комплекса ограничивают бассейн р. Бодайбо с юга (Энгажимино-Витимский массив), северо-востока (Джекдокарский), северо-запада (Чумаркойский). От площади работ граниты удалены на расстояние 40...50 км. Одним из косвенных признаков близости гранитных интрузивов служит изометричная аномалия бора, покрывающая, в том числе, и участок работ, а также как следствие, ареал кислого метасоматоза, наличие турмалина в метаморфизованных породах района.

Метаморфизм. Рифейские отложения Бодайбинской структурно-фациальной зоны повсеместно подвержены прогрессивному зональному региональному метаморфизму с признаками контактового воздействия и регрессивного метаморфизма вблизи гранитоидов конкудеро-мамаканского комплекса. На описываемой площади также развиты образования дислокационного метаморфизма.

Зональный региональный метаморфизм. Минеральные парагенезисы регионально-метаморфизованных пород отвечают фации зеленых сланцев и дистен-мусковитовых сланцев, формирующихся в условиях среднего давления (Добрецов и др., 1980 г.). Фация зеленых сланцев имеет широкое развитие в зоне субширотных складок Бодайбинского синклиория. Она подразделена на низкотемпературную (хлоритовую) и высокотемпературную (биотитовую) зоны, располагающиеся среди пород анангской, догалдынской и аунакитской, вачской, анангской, догалдынской свит соответственно. Выделенные зоны совпадают с простиранием складчатых структур.

Зона хлоритовой субфации фации зеленых сланцев характеризуется:

- наличием в породах различных литологических групп метаморфических минералов: актинолита, эпидота, хлорита, кварца, альбита, пирита, пирротина и др. сульфидов;

- сочетанием складчатых и разрывных дислокаций;
- хорошей степенью сохранности структурно-текстурных признаков осадочных пород.

Дислокационный метаморфизм в породах участка проявился многократно на породном и минеральных уровнях и привел к формированию кливажа и сланцеватости. Кливаж имеет широкое развитие в крыльях складок разного порядка, развитых на площади работ. Сильные проявления кливажа характерны более для пелитовых пород и в меньшей степени для псаммитовых. В зоне кливажа породы расчленены субпараллельными или пересекающимися под углом трещинами на протяженные (1...5 м) полосы и линзы мощностью 0,1...1 мм.

Дислокационный метаморфизм в районе работ характеризуется:

- зональностью, отражающей температурные условия метаморфизма (для низкотемпературного процесса – кливаж; для более высоко температурного – сланцеватость);
- сложной конфигурацией зон, зависящих от характера слоистых толщ горных пород;
- конформностью тектоническим структурам;
- влиянием гранулометрического состава горных пород [1].

1.3.1.2. Тектоника

Наиболее крупной структурной единицей района является Бодайбинский синклиниорий, возникший на месте одноименного рифейского палеопрогиба.

Бодайбинский синклиниорий, как структура первого порядка, подразделен на ряд более мелких структур (Казакевич Ю.П. и др., 1971), в пределах одной из которых – Бодайбинской сложной синклинали, сопряженной с Кропоткинской на севере и Тамаракской на юге сложными антиформами, и расположен исследуемый район.

В целом для бассейна р. Бодайбо характерно субширотное простирание складок. Антиклинальные складки нередко асимметричные с более крутыми

южными крыльями. Синклинали в большинстве случаев более плавные, с широкими замками. В состав структурного парагенезиса входит кливаж и сланцеватость, мелкие складки, будинаж, минеральная линейность, соскладчатые продольные разломы, малоамплитудные диаклазы и трещиноватость. Значительная роль в формировании структур района принадлежит сети глубинных разломов, неоднократная активизация которых обусловила усложнение ранее созданных структур и образование новых.

Наиболее интенсивные деформации свойственны осевой зоне Бодайбинской синклинали и меньше – для смежных сложных антиклиналей, что определило, по всей вероятности, различную их продуктивность в отношении золота. Складчатый этап деформаций, вызванный общим меридиональным сжатием, привел к формированию линейной складчатости Верхне-Бодайбинской зоны смятия и связанными с ней соскладчатыми взбросами. Образовавшиеся в этот период субширотные зоны трещиноватости и зоны послойных подвижек залечены метаморфогенной кварцево-жильной и сульфидной минерализацией. Формирование собственно золоторудной минерализации связывается с заключительным этапом складкообразования. Устанавливается пространственно-генетическая связь золотого кварц-сульфидного и жильно-кварцевого оруденения с зонами интенсивного проявления гидротермально-метасоматических процессов (углекислый и серный метасоматоз).

Следует отметить, что процессы метасоматической проработки наиболее ярко проявились в крутых крыльях и осевых частях антиклиналей 4-5 порядка, где сформировались кварцево-жильная и сульфидная минерализация. Здесь же наблюдается увеличение интенсивности и размеров вкрапленности железисто-магнезиальных карбонатов, повышается серицитизация пород.

Рудопроявление «Красное» расположен в зоне влияния Верхне-Бодайбинского межблокового разлома глубокого заложения, выраженного на поверхности линейной складчатостью региональной зоны смятия. Для площади участка типична напряженная, разномасштабная складчатость, осложненная

многочисленными разрывными нарушениями, зонами микро-складчатости, будинажа и тектонического меланжа.в

1.3.1.3. Полезные ископаемые

Основными полезными ископаемыми района являются россыпное и рудное золото.

Россыпная золотоносность. Уникальные по богатству золотоносные россыпи Ближней Тайги отрабатываются, разведываются и изучаются более 100 лет. Наиболее богатыми являются россыпи р. Бодайбо и ее притоков. Для них характерно исключительно широкое развитие погребенных аллювиальных россыпей, преобладающими среди которых являются россыпи глубокого тальвега. Реже встречаются террасовые низкого (до 15 м), среднего (15...30 м), высокого (более 30 м) уровней и русловые россыпи.

Россыпи глубокого тальвега характеризуются большой протяженностью, выдержанностью и высокой насыщенностью металла (2...3 т/км). Россыпи террас низкого уровня развиты наиболее широко и по насыщенности не уступают тальвеговым. Россыпи террас среднего уровня не выделяются особым богатством, россыпи террас высокого уровня развиты слабо.

Русловые россыпи пользуются наибольшим распространением и к настоящему времени полностью отработаны.

Ложковые россыпи небольшие по размерам и запасам и характеризуются неравномерным содержанием металла. Слабое развитие ложковых россыпей связывается (Тищенко Е.И.) с широким проявлением в ложках солифлюкционных процессов.

Элювиальные и делювиально-солифлюкционные россыпи в Бодайбинской сложной синклинали не известны, хотя в пределах всех рудных полей выявлены шлиховые ореолы золота.

В пределах участка проектируемых работ россыпная золотоносность известна по долинам ручьев Теплый и Красный. Это русловые россыпи малых водотоков. При этом, верхние, головные, части россыпей расположены

орографически выше известных рудопоявлений. Предшествующими работами не выявлено сколь-нибудь значительные ресурсы россыпного золота в склоновых отложениях территории.

Золотое оруденение. В рудном поле «Красное» выделяются два типа золоторудной минерализации: прожилково-вкрапленный кварц-сульфидный тип минерализации, имеющий литолого-структурный контроль и кварцево- жильный тип, пользующийся ограниченным развитием. Как правило, два этих типа пространственно совмещены.

Кварц-сульфидная минерализация образует прожилково-вкрапленные зоны среди метаморфогенных рассеянных зон сульфидной минерализации на участках структурных осложнений. Внутреннее строение зон сложное и представляет собой густую сеть разноориентированных прожилков, линз и гнезд, встречающихся совместно с интенсивной (более 1...3%) рассеянной вкрапленностью (пирита) в рассланцованных и кливажированных вмещающих породах. В целом, одновременно с возрастанием вкрапленной сульфидной минерализации происходит возрастание количества прожилково-линзовидных выделений рудных минеральных ассоциаций.

Характерной особенностью всего рудного поля является широкое распространение сульфидной минерализации, представленной прежде всего пиритом. В подчиненных количествах встречается пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит. Пирит представлен следующими морфологическими разновидностями:

- 1) пирит пылевидный (дорудный);
- 2) в виде неясно выраженных включений;
- 3) пирит порфиробластовый кубический;
- 4) пирит линзовидный;
- 5) пирит в кварцевых прожилках.

Содержание золота в разновидностях пирита разнообразное. Самым золотоносным считается пирит линзовидный, агрегатный кубический и кубический порфиробластовый.

Пирит в кварцевых прожилках наиболее часто встречается в пределах рудного поля и считается слабо золотоносным, с содержаниями золота 0,02...0,8 г/т. Мощность кварц-пиритовых прожилков от долей мм до 2 см и более; плотность насыщения ими вмещающих пород разная и составляет от 1 на 1 м² до 5...6 на 1 м². Кварц в прожилках белый, полупрозрачный, аморфный.

Золото в прожилках отмечается в виде зерен неправильной формы размером от 0,02*0,01 мм до 0,06*0,12 мм, находящихся на контакте кварца с пиритом.

Наиболее минерализованы осевая часть Рудной антиклинали (где расположено собственно рудопоявление «Красное»), и осевая часть Верхне-Бодайбинской антиклинали (Верхне-Бодайбинская минерализованная зона). Далее по тексту именуемые соответственно «Южная» и «Северная» зоны минерализации.

Кварцевая минерализация сосредоточена в жилах, а также в прожилках, которые как правило имеют линзовидную морфологию: мощность от 0,2 см до 0,5 м и протяженность от первых сантиметров до десятков метров. Кварцево-жильные поля и зоны приурочены к ядру и южному крылу Верхне-Бодайбинской антиклинали и южному крылу Рудной антиклинали. Располагаются в пределах субширотных зон (полос) рассеянной кварцевой и кварц-сульфидной минерализации. Распределение кварцево-жильного материала в этих полосах неравномерное, поэтому участки с повышенной концентрацией чередуются с пустыми. Считается, что перспективными являются только те из них, что испытали дополнительную гидротермальную проработку. Выделяются следующие системы жил и прожилков: пластовые субширотные, выдержанных размеров и простирания, субгоризонтальные и субмеридиональные, невыдержанных размеров.

Северная полоса кварцевых жил приурочена к ядру и южному крылу Верхне-Бодайбинской антиклинали и протягивается через всю площадь при ширине 0,8...1,0 км. Максимальная насыщенность кварцем на площади лицензии предшественниками зафиксирована в верховьях ручьев Теплого и

Красного и на водоразделе ручьев Красного и Мокрого. Помимо этого, отмечается зона развития кварцевых жил, приуроченная к южному крылу Рудной антиклинали. Наиболее яркие проявления зафиксированы на водоразделе Теплого и Красного и на водоразделе ручьев Теплого и Топкого [1].

1.3.2. Геофизическая характеристика района работ

Вся лицензионная площадь и район рудопроявления «Красное» сложены терригенным комплексом свит верхнего рифея, в состав которых входят песчаники, алевролиты, филлиты, создающие монослои, либо переслаивание из этих разновидностей пород.

1) По плотностным свойствам породы разреза дифференцированы незначительно. Средняя плотность промежуточного слоя пород района составляет $2,75 \text{ г/см}^3$. Для рыхлых отложений дефект плотности составляет $0,6...0,7 \text{ г/см}^3$. При появлении сульфидизации и бурошпатовой минерализации дефект плотности также составляет $0,1 \text{ г/см}^3$.

Исходя из этого, гравитационное поле над данными образованиями спокойное, без контрастных аномалий.

2) Магнитные свойства пород района определяются, в основном, величиной и направлением вектора остаточного намагничивания. Основным носителем магнетизма пород района является пирротин, в ряде случаев – магнетит. Для не затронутых гидротермальным процессом пород характерны относительно стабильные значения магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности. В целом, породы являются практически немагнитными или слабомагнитными. Магнитное поле спокойное, отрицательное. При присутствии пирротина в минерализованных зонах могут наблюдаться слабоположительные магнитные аномалии.

3) Электрические свойства пород района определяются, в большинстве случаев, литологическим составом, характером и интенсивностью наложенной минерализации, структурно-текстурными особенностями и наличием вечной мерзлоты. Сопротивления пород меняются от 50 Ом*м для глин до $3000 ... 5000$

Ом*м для песчано-валунного материала. Наличие вечной мерзлоты повышает сопротивление до 20000 Ом*м. Водонасыщенность понижает сопротивления пород.

Для терригенных образований сопротивление пород меняется от первых десятков Ом*м до первых тысяч Ом*м. В основном, над ними наблюдаются аномалии кажущихся сопротивлений до первых тысяч Ом*м. Высокие сопротивления прослеживаются над кварцевыми жилами и зонами окварцевания, достигая первых десятков тысяч Ом*м.

Поляризуемость обусловлена прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией и присутствием углерода в составе пород. В этом случае, на фоне практически не поляризующихся пород, первая повышается до 10%.

1.3.3. Гидрогеологическая характеристика района работ

Центральная часть Ленской золотоносной провинции (Артемовский рудный узел) в региональном плане располагается в пределах Витимо-Патомской гидрогеологической складчатой области (ГСО) – гидрогеологической структуре I порядка. Витимо-Патомская ГСО подразделяется на несколько гидрогеологических районов, в составе которых выделен Бодайбинско-Тахтыгинский гидрогеологический район, относимый к площади участка «Красный».

Преобладающий химический состав вод гидрокарбонатный со смешанным катионным составом, с минерализацией 60...150 мг/л, мягкие, нейтральные, холодные (+1,5...+3°C). Динамические запасы горизонта составляют от 26 до 55 м³/час.

Подземные воды зоны открытой трещиноватости безнапорные и относятся к трещинному типу. Ниже возможно появление трещинно-жильных вод. Мощность экзогенной трещиноватости водовмещающих пород составляет 40...80 м.

Обводненность пород вачской, аунакитской и анангской свит невысокая, дебит коренных пород достигает 0,8 л/с, а коэффициент фильтрации составляет и 7,1 м/сутки.

Основным источником питания подземных вод являются атмосферные осадки. Областью разгрузки подземных вод являются р. Бодайбо и ее притоки.

По характеру взаимоотношения трещинно-грунтовых вод с многолетней мерзлотой подземные воды, развитые в рифейских отложениях можно подразделить на надмерзлотные, подмерзлотные и таликовые воды.

Гидрогеологические условия разработки месторождения Красное от простых до средней сложности, тип 5а по общепринятой типизации месторождений твердых полезных ископаемых по сложности инженерно-геологических условий их отработки. Осложнения обусловлены выходом карьеров в пойменную часть долины р. Бодайбо и ее притоков и наличием зон дробления и рассланцевания горных пород [1].

1.4. Методика проведения проектируемых геологоразведочных работ

В соответствии с Методическими рекомендациями ГКЗ «Золото рудное» (2007) для разведки месторождений 3-ей группы (минерализованные и жильные зоны «средних (протяженностью от сотен до тысячи метров) и крупных минерализованных зон с рудными телами мощностью 3...5 м и более») рекомендуется для получения запасов по категории С₁ применение буровых скважин и траншей по сети 40...60 м (по простиранию и по падению), соответственно для категории С₂ рекомендуемая сеть 80-120 м.

Разведка рудных тел будет произведена в плоскостях вертикальных параллельных сечений (разрезов), расположенных в крест простирания рудных тел. Бурение осуществится в профильном варианте – наклонные скважины бурятся «в затылок» друг другу. 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. 18°.

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 + 600 м. Также последовательно будет проводиться наращивание разведочной сети на флангах с созданием, в конечном итоге, сети пересечений, позволяющих провести геометризацию рудных тел. В большинстве случаев глубина разведки должна ограничиваться горизонтом +700 м (250...350 м от поверхности). Глубокие горизонты в интервале абсолютных отметок от +650 до +600 м могут быть изучены единичными скважинами.

1.4.1. Геологические задачи и методы их решения

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

Основные геологические задачи:

1) Сбор, систематизация и анализ материалов по рудопроявлению «Красное», 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) Подсчет запасов на рудопроявление «Красное» стандартным способом (способом разрезов) от дневной поверхности и по состоянию на 25.04.2014 г. (кондиции согласовываются Заказчиком);
- 3) Подготовка отчетных материалов, с выводами по результатам детальной разведки и согласование их с Заказчиком;
- 4) Выделение в пределах лицензионных площадей перспективных объектов для постановки последующих геологоразведочных работ;
- 5) Разработка рекомендаций по направлениям и объемам дальнейших ГРР;
- 6) Составление окончательного отчета с рекомендациями по постановке поисковых работ и обоснованием необходимых площадей;
- 7) Консультационное и методическое сопровождение написания глав и других частей (графические, текстовые, табличные приложения) отчета;
- 8) Сопровождение отчета в течение всей защиты на НТС Отдела геологии и лицензирования по Иркутской области Центрсибнедра и устранение замечаний к отчету;
- 9) Сдача отчета в Геолфонды: ФГУ НПП «Росгеолфонд» и в Иркутский филиал ФГУ «ТФГИ по Сибирскому федеральному округу».

1.4.2. Перечень проектируемых геологоразведочных видов работ

В период с 2019 по апрель 2020 гг. геологоразведочными партиями ООО «Копыловское» и ООО «Красное» на рудопроявление «Красное» с привлечением подрядных организаций (ООО «Прикладная геология», ООО «Мамская ГРП» и другие) будут проведены работы детальной разведки.

Целью выполняемых работ на лицензионном участке «Красное» является проведение детальной разведки на рудное золото с подсчётом запасов по категории С₂, прогнозных ресурсов по категории Р₁.

Комплекс работ на площади рудопроявления «Красное» включает следующие основные виды (табл. 1.1):

- топографо-геодезические работы;

- проходка траншей;
- буровые работы;
- опробование: керновое, бороздовое, технологическое;
- геофизические исследования скважин;
- технологические исследования;
- камеральные работы;
- лабораторные работы.

Таблица 1.1 – Объемы работ на площади рудопроявления «Красное» в 2019 г.

№ пп	Наименование работ	Ед. изм.	Объем
1	2	3	4
1	Топографо-геодезические работы. Топографическая съемка 1:2000	точка	120
2	Наземные геофизические работы: • Магниторазведка • Электроразведка ВП • Электроразведка ЕП • Электротомография ВП	га км ² км ² км ² км ²	170 3,8 3,8 3,8 3210
3	Горные работы (траншеи)	м	1159 (8 канав)
4	Бурение скважин	м	15558 (60 скважин)
5	ГИС (ГК, КС, МСК, МЭП, инклинометрия)	м	10668
6	Бороздовое опробование	м	1185
7	Керновое опробование	м	12103
8	Задирковое опробование	шт.	18
9	Пробоподготовка	шт.	13654
10	Пробирный анализ на Au	ан	13654
11	Внутренний и внешний контроль	ан	405 (258+147)
12	Спектрозолотометрический анализ	ан	1740
13	Спектральный анализ	ан	1638
14	РФА	ан	9160

1.5. Методика и условия проведения буровых разведочных работ

1.5.1. Методика проведения буровых работ

Бурение колонковых скважин на участке «Красное» будет проводиться с целью прослеживания и оценки рудной зоны на глубину, изучения ее морфологии и вещественного состава, уточнения геологической структуры рудопроявления, получения данных о параметрах орудинения.

Суммарный объем бурения в 2019 году составит 15558 метров (60 скв.).

Бурение будет выполняться комплексом ССК-NQ (95,6 мм) и NQ (73,5 мм) компании Boart Longyear с отбором ориентированного керна. В качестве породоразрушающего инструмента применяем алмазные импрегнированные коронки серии UMX компании Boart Longyear.

Подвоз технической воды для промывки скважин будет осуществляться автоцистернами на базе автомобиля Урал-4320.

В качестве очистного агента используется эмульсионная промывочная жидкость на основе эмульсол лесохимический «ЭЛ-4» с концентрацией в промывочной жидкости 3 %, приготовление которой осуществляется в специальных ёмкостях. Для организации оборота промывочной жидкости на буровых площадках обустраиваются отстойники или используются перевозные металлические ёмкости.

По окончании бурения скважин и выполнения полного комплекса ГИС проводится извлечение обсадных труб и тампонирующее устье скважин цементным раствором для предупреждения загрязнения подземных вод. На устьях скважин устанавливаются деревянные реперы с необходимой маркировкой.

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

1.5.2. Геолого-технические условия бурения скважин. Свойства горных пород. Характеристика разреза

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 – X категории по буримости. Характеристика горных пород представлена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Характеристика горных пород геологического разреза

№ п/п	Мощность, м			Название горных пород и полезного ископаемого	Категория пород по буримости
	от	до	всего		
1	0	4	4	Песок, супеси, суглинки	II
2	4	9	5	Валунно-галечные отложения с песчаным заполнением	V
3	9	123	114	Переслаивание окварцованных песчаников, алевролитов и сланцев	VII
4	123	161	38	Окварцованные песчаники	VII
5	161	179	18	Алевролиты окварцованные	VII
6	179	194	15	Окварцованные песчаники	VII
7	194	232	38	Алевролиты окварцованные	VII
8	232	300,2	68,2	Кварцевые песчаники, жильный кварц	X

2. ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ПРОВЕДЕНИЯ БУРОВЫХ РАБОТ

2.1. Краткий анализ организации буровых работ на предыдущих этапах разведки месторождения

Этап крупномасштабных исследований в районе работ начинается со второй половины 50-х годов.

В 1981-1983 гг. Рудной партией Бодайбинской экспедиции (В.Г. Мартыненко, 1983 г) было положено начало этапа поисковых работ масштаба 1:25000 на рудное золото в пределах Артемовского рудного узла. На рудопроявление «Красное» были выполнены поисковые маршруты, кварцевометрическая и литогеохимическая съемки, пройдены поисковые канавы, а также пробурены скважины с отбором керна. Выполненный комплекс поисковых и тематических работ позволил уточнить литолого-структурную обстановку рудопроявления «Красное», определив масштаб проявления и уровень концентрации золоторудной минерализации.

В период с 2010 по 2012 год ООО «Прикладная геология» выполнило геологоразведочные работы методами проходки поверхностных горных выработок и колонкового бурения скважин максимальной глубиной 450 м.

Бурение велось станками колонкового бурения ЗИФ-650М, СКБ-5, одинарными колонковыми снарядами (ОКС) с применением глинистых растворов и воды. Бурение осуществлялось с отбором ориентированного керна.

2.2. Выбор способа бурения скважин и способа удаления продуктов разрушения пород при бурении

В настоящее время основной объем геологоразведочного колонкового бурения осуществляется вращательным способом при помощи твердосплавного и алмазного породоразрушающего инструмента.

Основным достоинством колонкового бурения скважин наряду с другими способами является возможность получения качественного образца керна, изучение которого в сочетании с другими исследованиями в скважинах

позволяет с высокой точностью и достоверностью подсчитать запасы полезного ископаемого, а также определить его качество и условия залегания.

Применение вращательного способа бурения с использованием снарядов со съёмными керноприёмниками позволяет увеличить механическую скорость бурения, за счёт сокращения времени на спускоподъёмные операции. Данные снаряды, позволяют получать представительные образцы горных пород, с сохранением их структуры и свойств, с выходом керна до ста процентов.

Бурение скважин будет осуществляться прямой схемой циркуляции очистного агента, то есть подача очистного агента будет производится через бурильную колонну к забою, выход агента со шламом из скважины по затрубному пространству.

2.3. Разработка типовых конструкций скважин

Под конструкцией скважины понимается схема её устройства, в которых указываются поперечные и продольные размеры, заданные по интервально, а также интервалы размещения обсадных колонн с способом их закрепления в стволе скважины.

Конструкция скважины определяется:

- поставленной геологической задачей, минимальным диаметром по полезному ископаемому с целью качественного опробования и прохождения геофизических зондов;
- глубиной скважины и сложностью геологического разреза;
- способом, техникой и технологией бурения;
- производственным опытом исполнителей;
- конкретной характеристикой точки заложения (нормальные условия, горная местность, наличие построек, озеро, река, море и т. п.).

Для бурения скважин с высокими технико-экономическими показателями необходимо построить максимально простую конструкцию скважины с наименьшим применением обсадных труб.

2.3.1. Определение конечного диаметра скважины

Основной задачей геологоразведочного колонкового бурения является получения качественного образца керна, достаточного для опробования полезного ископаемого, а также получения другой необходимой информации.

Конечный диаметр скважины зависит от минимального диаметра керна, обеспечивающего необходимую достоверность опробования, и от размеров основных применяемых видов скважинной аппаратуры.

Допустимый минимальный диаметр керна $d_{k.min}$ для нашего полезного ископаемого определяем исходя из рекомендаций по минимально-допустимым диаметрам керна, которые приведены в таблице 2.1. Поскольку на рудопроявление «Красное» основным полезным ископаемым является золото, то принимаем минимально допустимый диаметр керна $d_{k.min} = 32$ мм [2].

Таблица 2.1 – Минимально допустимые диаметры керна в зависимости от типа месторождения и полезного ископаемого

Генетические типы месторождений	Промышленные типы руд (полезных ископаемых)	Рекомендуемый минимальный диаметр керна, $d_{k.min}$, мм
Контактово-метасоматические	руды других металлов (Au, Pb, Zn)	32

Для определения минимально возможного внутреннего диаметра коронки $D_{b.min}$ (мм) воспользуемся следующим выражением:

$$D_{b.min} = d_{k.min} + \Delta, \quad (2.1)$$

где Δ – уменьшение диаметра керна в зависимости от категории горной породы по буримости – f (для кварцевого песчаника и жильного кварца $f = X$), мм.

Величину Δ ориентировочно можем определить с помощью следующего выражения:

$$\Delta = 20 - 8 \cdot \ln f, \quad (2.2)$$

$$\Delta = 20 - 8 \cdot \ln 10 = 1,58 \text{ мм.}$$

$$D_{b.min} = 32 + 1,58 = 33,58 \text{ мм.}$$

Минимально возможный диаметр скважины $D_{c.min}$ (мм) определяем по типу используемой в данном интервале скважины геофизической или другой скважинной аппаратуры с помощью следующего выражения:

$$D_{c.min} = (1,03 \dots 1,05) * D_a, \quad (2.3)$$

где D_a – диаметр применяемой аппаратуры, приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Габариты аппаратуры для проведения исследований в скважинах

Аппаратура	Наружный диаметр аппаратуры (D_a), мм
Инклинометр – НСТ	42
Каверномер – КМ-2У	46
Керноскоп – Ezy-Mark	46

$$D_{c.min} = 1,05 * 46 = 48,3 \text{ мм.}$$

Поскольку данным проектом предусматривается детальное изучение рудопроявления «Красное» с отбором ориентированного керна, а также проведения различного рода анализов, то необходимо принять такой диаметр керна, который бы удовлетворял всем геологическим требованиям. На основании всего выше приведенного принимаем решение, что бурение по полезному ископаемому будет вестись коронкой типоразмера NQ с наружным и внутренним диаметрами 75,3 и 47,6 мм соответственно [3].

2.3.2. Определение интервалов осложнений и выбор мероприятий по их предупреждению

На интервале от 0 до 9 метров возможен размыв устья скважины и обрушение стенок, так как данный интервал сложен четвертичными отложениями. Интервал от 9 до 300,2 метров сложен устойчивыми породами, которые не нуждаются в закреплении обсадной колонной.

Для закрепления верхнего неустойчивого интервала разреза, а также для первоначального направления ствола скважины устанавливаем направляющую колонну до глубины 15 метров с затрубным тампонированием до поверхности.

Во избежание размыва устья скважины и обрушение стенок во время процесса бурения интервала от 0 до 15 м следует применять малоглинистый буровой раствор, который образует глинистую корку на стенках скважины, тем самым закрепляет их и предохраняет от обрушения.

2.3.3. Разработка конструкция скважины

На интервале от 0 до 15 м, необходимо установить направляющую колонну обсадных труб, диаметр которых равен 89 мм, при этом для бурения используем ПРИ диаметром 95,6 мм (НQ).

После закрепления интервала от 0 до 15 м до проектной глубины 300,2 м, бурение скважины ведем ПРИ диаметре 75,3 мм (NQ).

В таблице 2.3 приведена геологическая характеристика разреза и конструкция скважины, учитывающая возможные осложнения.

Таблица 2.3 – Геологическая характеристика разреза и конструкция

скважины

№ п/п	Мощность, м			Название горных пород и полезного ископаемого	Категория по буримости	Интервал (м) и характер возможных осложнений	Конструкция скважины		
	от	до	всего				Диаметр(мм) и глубина (м)	Диаметр (мм) и глубина (м) спуска обсадных труб	Интервалы тампонирования, м
1	0	4	4	Песок, супеси, суглинки	II	Размыв		0 0 0	0 0 0
2	4	9	5	Валунно-галечные отложения с песчаным заполнением	V	Обруше- ние			
3	9	123	114	Переслаивание окварцованных песчаников, алевролитов и сланцев	VII				
4	123	161	38	Окварцованные песчаники	VII				
5	161	179	18	Алевролиты окварцованные	VII				
6	179	194	15	Окварцованные песчаники	VII				
7	194	232	38	Алевролиты окварцованные	VII				
8	232	300,2	68,2	Кварцевые песчаники, жильный кварц	X				

Описание конструкции скважины по классификации ВИТРа:
300,2 АС 75,3 I 15(89Н).

2.4. Выбор буровой установки

Выбор буровой установки производим на основании решаемой геологической задачи, геолого-технических условий проведения буровых работ, способа бурения, конструкции скважины, рельефа, а также климатических условий.

Для данных условий проведения буровых работ оптимальной является передвижная буровая установка алмазного колонкового бурения LF-70PQ (рис. 2.1) производства Voart Longyear, которая обладает универсальностью, эффективностью и надежностью. Установка LF-70PQ с модульной конструкцией состоит из семи секций, которые можно перевозить вертолетом для доставки в отдаленные пункты, а также данная буровая установка сводит к минимуму время простоя при перевозке между месторождениями, благодаря конструкции всего лишь из семи компонентов, сборка и разборка которых занимает около часа.

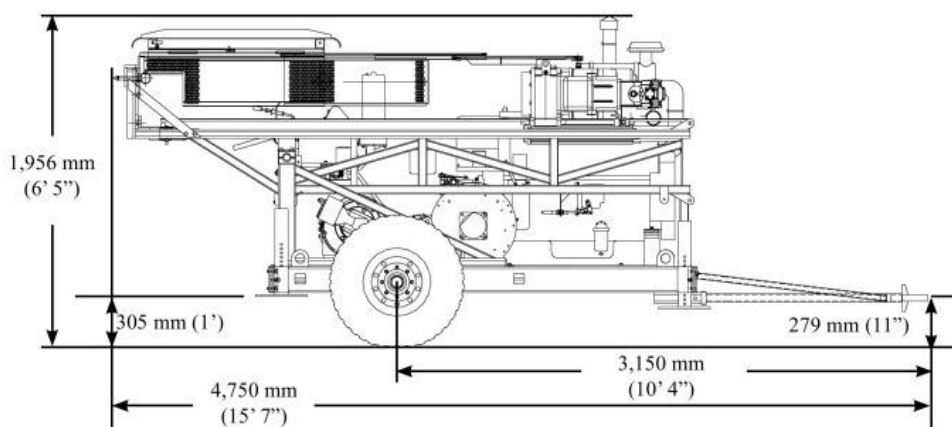


Рисунок 2.1 – Буровой установка LF-70PQ

Установка состоит из 4-х цилиндрового дизельного двигателя Cummins QSB объемом 4,5 л с турбонаддувом и доохладителем, гидравлического блока, мачты, вращателя с гидропатроном PQ, главной лебёдки, лебёдки ССК, бурового насоса W11 с гидравлическим приводом. Технические характеристики буровой

установки LF-70PQ приведены в таблице 2.4 [4].

Таблица 2.4 – Технические характеристики буровой установки LF-70PQ

Параметры буровой установки	Значения параметров
1	2
Рекомендуемая глубина бурения при конечном диаметре скважины, м:	
• PQ (122,0 мм)	357
• HQ (95,6 мм)	542
• NQ (75,3 мм)	798
• BQ (59,6 мм)	1039
Мощность двигателя Cummins QSB, кВт (л/с)	110 (148)
Объем двигателя, л	4,5
Номинальные значения частоты вращения шпинделя, об/мин:	
• 1-ая передача	122...199
• 2-ая передача	246...400
• 3-ья передача	439...714
• 4-ая передача	769...1250
Максимальный диаметр штанги, мм	122
Осевая грузоподъемность гидравлического зажимного патрона PQ, кН	222,4
Ход вращателя, мм	1830
Усилие подачи вверх, кН	62,9
Усилие подачи вниз, кН	41,5
Трубодержатель	
максимальный размер труб, мм	114,3
Главная лебедка	
Нагрузка на крюк, кН:	
• на пустом барабане	53,4
• на полном барабане	36,5
Скорость подъёма, м/мин:	
• на пустом барабане	53
• на полном барабане	80
Диаметр троса, мм	14,3
Максимальная вместимость барабана, м	67
Минимальная прочность на разрыв, кН	181,4
Лебедка ССК	
Тяговое усилие на барабане, кН:	
• на пустом барабане	8,8
• на полном барабане	2,7

Продолжение таблицы 2.4

1	2
Скорость навивки на барабан, м/мин:	
• на пустом барабане	100
• на полном барабане	433
Диаметр троса, мм	4,8
Максимальная вместимость барабана, м	1898
Минимальная прочность на разрыв, кН	22,2
<u>Гидравлическая система</u>	
Главный насос:	
• максимальная производительность, л/мин	163
• максимальное рабочее давление, МПа	24,1
Вторичный насос:	
• максимальная производительность, л/мин	41,6
• максимальное рабочее давление, МПа	13,8
Вспомогательный насос:	
• максимальная производительность, л/мин	37,8
• максимальное рабочее давление, МПа	13,8
Вместимость гидробака, л	144

2.4.1. Буровая мачта

Установка алмазного колонкового бурения LF-70PQ укомплектована трехсекционной складной мачтой (рисунок 2.2), для удобства транспортировки. В рабочее положение мачту приводят два автономных гидравлических цилиндра работающих от гидравлической системой буровой установки. На данной установке используется только однострунная оснастка талевой системы. Основные технические характеристики представлены в таблице 2.5 [4].

Таблица 2.5 – Технические характеристики мачты буровой установки LF-70PQ

Параметры	Значения параметров
Высота мачты, мм	10033
Длина нижней секции мачты, мм	3213
Длина средней секции мачты, мм	3284
Длина верхней секции мачты, мм	2705
Грузоподъёмность, кН	200
Длина свечи, м	6
Угол бурения, град.	45...90
Оснастка талевой системы	0x1

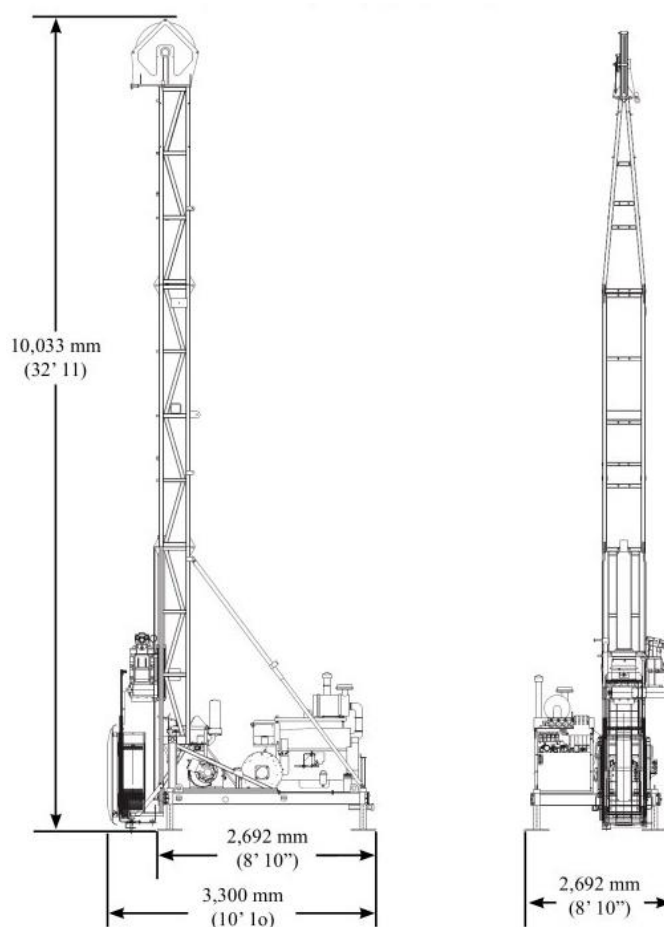


Рисунок 2.2 – Схема мачты буровой установки LF-70PQ

2.4.2. Буровой насос

В состав буровой установки LF-70PQ входит буровой насос FMC-W11 (рисунок 2.3) с гидравлическим приводом от гидросистемы установки, который предназначен для обеспечения циркуляции промывочной жидкости в процессе бурения скважин. Основные технические характеристики данного насоса представлены в таблице 2.6 [4].

Таблице 2.6 – Технические характеристики бурового насоса FMC-W11

Параметры	Значения параметров
Максимальная подача, л/мин	132
Максимальное давление, МПа	6,9
Потребляемая мощность привода, кВт	5,9
Габариты насоса, мм	748x914x688
Масса насоса, кг	254

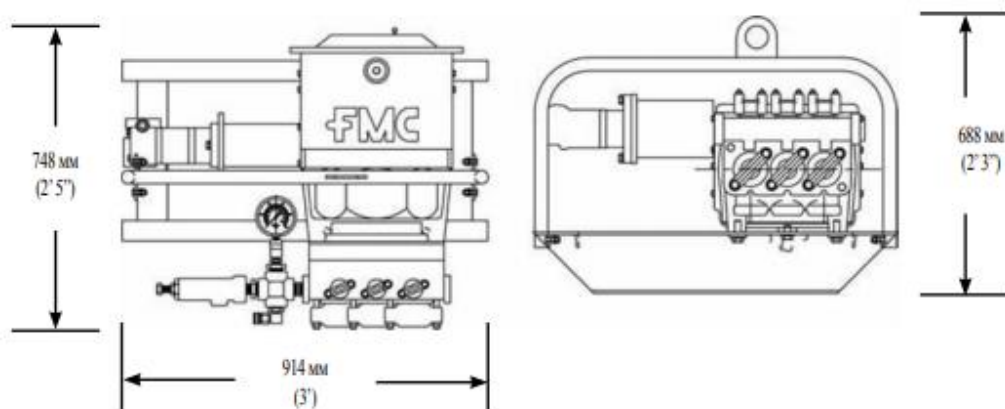


Рисунок 2.3 – Схема бурового насоса FMC-W11

2.4.3. Буровое здание

Поскольку климат района проведения буровых работ резко континентальный, а температура воздуха в зимний период времени опускается ниже -30°C , то без бурового здания никак не обойтись. Выбираем мобильное буровое здание на санном основании компании «ДАЛЬТЕПЛОХИМЗАЩИТА» для буровой установки Boart Longyear LF 70PQ (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Внешний вид универсального бурового здания для установки Boart Longyear LF 70PQ

2.4.4. Выбор бурильных труб

Поскольку для бурения скважин на рудопроявлении «Красное» будут применяться снаряды со съёмным керноприемником (рис. 2.5) типоразмеров HQ и NQ компании Boart Longyear, следовательно, будем использовать соответствующие им гладкоствольные, стальные бурильные трубы типоразмеров HQ (88,9 мм) и NQ (69,9 мм) с резьбовым соединением «труба в трубу». Основные технические характеристики снарядов со съёмными керноприемниками и бурильных труб представлены в таблицах 2.7 и 2.8 [4].

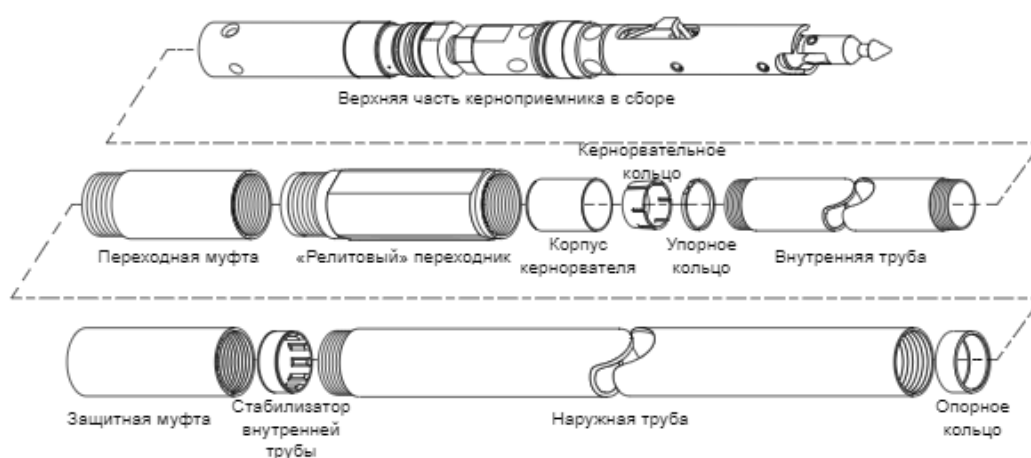


Рисунок 2.5 – Схема колонкового набора со съёмным керноприемником компании Boart Longyear

Таблица 2.7 – Технические снарядов со съёмными керноприемниками типоразмеров HQ и NQ компании Boart Longyear

Параметры	Типоразмер снаряда	
	NQ	HQ
Размеры наружной колонковой трубы:		
• наружный диаметр, мм	73,0	92,1
• внутренний диаметр, мм	60,3	77,8
• толщина стенки, мм	6,35	7,15
• длина, мм	3000	3000
Размеры керноприемной трубы:		
• наружный диаметр, мм	55,6	73,0
• внутренний диаметр, мм	50,0	66,7
• толщина стенки, мм	2,8	3,15
• длина, мм	3000	3000

Таблица 2.8 – Технические характеристики бурильных труб типоразмеров HQ и NQ

Типоразмер	Наружный диаметр трубы, мм	Внутренний диаметр трубы, мм	Толщина стенки, мм	Длина, м	Масса 1 м трубы, кг
NQ	69,9	60,3	4,8	3	7,8
HQ	88,9	77,8	5,55	3	11,6

Данные бурильные трубы изготавливаются из стали марки 1035, которая обладает следующими физико-механическими свойствами:

- временное сопротивление разрыву (τ_b) – 6450 кгс/см²;
- предел текучести при растяжении (σ_T) – 3700 кгс/см²;
- предел текучести при кручении (τ) – 2550 кгс/см².

Учитывая технические характеристики мачты буровой установки LF-70PQ (табл. 2.5) и длину бурильных труб, будем использовать свечи длиной 6 метров.

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

2.5.1. Проходка горных пород

Исходя из конструкции скважины и геологического разреза забурка под направляющую колонну производим двумя типами алмазных коронок фирмы Boart Longyear диаметром 95,6 мм (HQ). Поскольку интервал от 0 до 4 метров сложен породами II категории по буримости, то используем алмазную коронку SSUMX-HQ (табл. 2.9), а для интервала от 4 до 15 метров сложенного породами V, VII категории по буримости используем алмазную коронку 07UMX-HQ.

Следующий интервале от 15 до 232 метров сложен породами VII категории по буримости, на данном интервале необходим диаметр скважины 75,3 мм, используем алмазную коронку 07UMX-NQ, с наружным диаметром 75,3 мм.

Последний интервал от 232 до 300,2 м представлен кварцевым песчаником и жильным кварцем X категории по буримости, на данном интервале также необходим диаметр скважины 75,3 мм, используем используем алмазную коронку 09UMX-NQ, с наружным диаметром 75,3 мм. Технические характеристики алмазных коронок приведены в таблице 2.9 [4].

Таблица 2.9 – Технические характеристики алмазных коронок фирмы Boart Longyear

Параметры	Типоразмер			
	SSUMX-HQ	07UMX-HQ	07UMX - NQ	09UMX-NQ
Тип алмазной коронки	импрегнированные			
Размеры коронки:				
• наружный диаметр, мм	95,6	95,6	75,3	75,3
• внутренний диаметр, мм	63,5	63,5	47,6	47,6
Категория пород по буримости	I–IV	V–IX	V–IX	VIII–XI
Осевая нагрузка, кН	18–36	18–36	14–27	14–27
Частота вращения, об/мин	600–1000	600–1000	800–1350	800–1350
Расход промывочной жидкости, л/мин	38–45	38–45	30–38	30–38

Режимы бурения алмазными коронками:

1) Для определения осевой нагрузки G_o (кН) на алмазную коронку воспользуемся следующей формулой [2]:

$$G_o = \alpha * C_y * S, \quad (2.4)$$

где C_y – удельная нагрузка на 1 см² рабочей площади торца коронки, кН (табл. 2.10);

S – рабочая площадь торца алмазной коронки, см²;

α – коэффициент, учитывающий трещиноватость и абразивность горных пород (для монолитных, малоабразивных пород $\alpha = 1$, для трещиноватых и сильноабразивных $\alpha = 0,7 \dots 0,8$).

Рабочая площадь торца алмазной коронки рассчитывается по формуле:

$$S = \beta * \frac{\pi}{4} * (D_H^2 - D_B^2), \quad (2.5)$$

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

β – коэффициент уменьшения площади торца коронки за счет промывочных каналов ($\beta = 0,8$).

2) Определяем частоту оборотов n (об/мин) при алмазном бурении используя следующую формулу [2]:

$$n = \frac{20 \cdot V_0}{D_c}, \quad (2.6)$$

где V_0 – окружная скорость коронки, м/с (табл. 2.10);

D_c – средний диаметр коронки, м.

Средний диаметр коронки определяем по следующей формуле:

$$D_c = \frac{D_n + D_b}{2}. \quad (2.7)$$

3) Расход промывочной жидкости Q (л/мин) определяем с помощью следующей формулы [2]:

$$Q = k \cdot q_t \cdot D_n, \quad (2.8)$$

где k – коэффициент, учитывающий абразивность и трещиноватость горных пород (для монолитных и малоабразивных пород $k = 1$, для абразивных и сильноабразивных пород $k = 1,3 \dots 1,4$);

q_t – удельное количество подаваемой жидкости на 1 см наружного диаметра D_n алмазной коронки, л/мин (табл. 2.10).

Таблица 2.10 – Зависимость удельных значений параметров от категории пород при алмазном бурении

Категория горных пород по буримости	Удельная нагрузка C_y , кН	Окружная скорость V_0 , м/с	Удельное количество промывочной жидкости q_t на 1 см наружного диаметра D_n коронки, л/мин
II–V	0,4–0,5	5–4	12–10
VII	0,5–0,6	4–3	12–8
X	0,75–0,90	3–2	8–7

1. Режимы бурения алмазной коронкой SSUMX-HQ на интервале от 0 до 4 метров по породам II категории по буримости:

Рабочая площадь торца алмазной коронки определяем по формуле (2.5):

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

Осевую нагрузки на алмазную коронку определяем по формуле (2.4):

$$G_o = 1*0,4*32,1 = 12,84 \text{ кН.}$$

Средний диаметр коронки определяем по формуле (2.7):

$$D_c = \frac{0,0956+0,0635}{2} = 0,07955 \text{ м.}$$

Частоту оборотов определяем по формулу (2.6):

$$n = \frac{20*4}{0,07955} = 1006 \text{ об/мин.}$$

Расход промывочной жидкости определяем по формуле (2.8):

$$Q = 1*10*9,56 = 95,6 \text{ л/мин.}$$

2. Режимы бурения алмазной коронкой 07UMX-NQ на интервале от 4 до 15 метров по породам V, VII категории по буримости:

Рабочая площадь торца алмазной коронки определяем по формуле (2.5):

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

Осевую нагрузки на алмазную коронку определяем по формуле (2.4):

$$G_o = 1*0,5*32,1 = 16 \text{ кН.}$$

Частоту оборотов определяем по формулу (2.6):

$$n = \frac{20*4}{0,07955} = 1006 \text{ об/мин.}$$

Расход промывочной жидкости определяем по формуле (2.8):

$$Q = 1*10*9,56 = 95,6 \text{ л/мин.}$$

3. Режимы бурения алмазной коронкой 07UMX-NQ на интервале от 15 до 232 метров по породам VII категории по буримости:

Рабочая площадь торца алмазной коронки определяем по формуле (2.5):

$$S = 0,8*\frac{\pi}{4}*(7,53^2-4,76^2) = 21,4 \text{ см}^2.$$

Осевую нагрузки на алмазную коронку определяем по формуле (2.4):

$$G_o = 0,8*0,5*21,4 = 10,2 \text{ кН.}$$

Средний диаметр коронки определяем по формуле (2.7):

$$D_c = \frac{0,0753+0,0476}{2} = 0,06145 \text{ м.}$$

Частоту оборотов определяем по формулу (2.6):

$$n = \frac{20*4}{0,06145} = 1250 \text{ об/мин.}$$

Расход промывочной жидкости определяем по формуле (2.8):

$$Q = 1,3 \cdot 10 \cdot 7,53 = 98 \text{ л/мин.}$$

4. Режимы бурения алмазной коронкой 09UMX-NQ на интервале от 232 до 300,2 метров по породам X категории по буримости:

Рабочая площадь торца алмазной коронки определяем по формуле (2.5):

$$S = 0,8 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (7,53^2 - 4,76^2) = 21,4 \text{ см}^2.$$

Осевую нагрузки на алмазную коронку определяем по формуле (2.4):

$$G_o = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 21,4 = 13,7 \text{ кН.}$$

Частоту оборотов определяем по формулу (2.6):

$$n = \frac{20 \cdot 3}{0,06145} = 976 \text{ об/мин.}$$

Расход промывочной жидкости определяем по формуле (2.8):

$$Q = 1,3 \cdot 8 \cdot 7,53 = 78 \text{ л/мин.}$$

Режимы бурения алмазными коронками представлены в таблице 2.11

Таблица 2.11 – Сводные сведения по расчету режимных параметров алмазными коронками

№ п/п	Интервал, м	Типоразмер ПРИ, (мм)	Категория горных пород по буримости	Осевая нагрузка, кН		Частота оборотов, об/мин		Расход ПЖ, л/мин	
				Расчетная G_o	Уточнённая $G_{o,y}$	Расчетная n	Уточнённая n_y	Расчетная Q	Уточнённая Q_y
1	0–4	SSUMX-HQ (95,6)	II	12,84	13	1006	1000	95,6	95
2	4–15	07UMX-HQ (95,6)	V-VII	16	16	1006	1000	95,6	95
3	15–232	07UMX-NQ (75,3)	VII	10,2	10	1250	1250	98	100
4	232–300,2	09UMX-NQ (75,3)	X	13,7	14	976	950	78	80

2.5.2 Технология бурения по полезному ископаемому

При данных геолого-технических условиях, вопросы регистрации момента встречи пласта полезного ископаемого и технологии перехода на бурения специальным снарядом не являются необходимыми, т.к. бурение снарядом со съёмным керноприемником NQ производится на протяжении всего интервала до проектной глубины, куда также включены интервалы с возможным фактическим снижением выхода керна.

Для сохранности керна и повышения его выхода, а также для повышения механической скорости бурения используются колонковые снаряды со съёмными керноприемниками (серии NQ), доказавшие свою эффективность по сравнению с одинарными колонковыми снарядами.

После подготовки колонкового набора приступают к бурению. Бурение продолжают до первого подклинивания или до заполнения внутренней трубы керном. При подклинке керна происходит резкое увеличение давления промывочной жидкости. Для отрыва керна поднимают буровую колонну от забоя. Перед извлечением керноприемника промывают скважину. С помощью овершота керноприемник извлекается из бурильных труб.

Чтобы извлечь керн из керноприемника откручивается внутренняя труба от верхней части керноприемника при помощи специальных трубных ключей. Освободить керноприемную от керна следует при помощи постукивания по ней резиновой киянкой, вызывая вибрации, способствующие выходу керна из трубы/

После того, как керн извлечен из керноприемника, его укладывают в керновые ящики.

Использование съёмных керноприемников позволяет увеличить производительность бурения в 1,5 – 2 раза по сравнению с традиционным алмазным бурением за счет сокращения времени спускоподъемных операций [5].

2.5.3 Техника и технология направленного бурения скважин

Для качественного опробования пласта полезного ископаемого необходимо, чтобы угол встречи скважины β с углом падения был как можно больше (в идеальном случае 90°). Но это не всегда практически выполнимо и может быть экономически неоправданно. При большом угле встречи выше сохранность структуры керна и его выход.

Отклонение скважин от проектной оси может происходить вследствие: неправильного заложения оси скважины; искривления в процессе бурения, при несоблюдении режимных параметров; причин, связанных с анизотропными свойствами горных пород; вибрации бурового снаряда.

В соответствии с геологическим заданием для подсечения продуктивных пластов предусматривается бурение наклонных скважин. Угол наклона скважины составляет 71° . Азимутальный угол составляет 60° .

Задание углов наклона скважин происходит под руководством бурового мастера. Для выставления азимутального угла необходимо с помощью бульдозера двигать буровое здание, в качестве ориентировки служат результаты задания координат устья будущей скважин геодезической службой организации (специальные метки). Для выставления зенитного угла вращатель станка поворачивают до нужного угла и фиксируют стяжными болтами. Правильность наклона вращателя станка к горизонту контролируется транспортиром.

Проектом предусматривается изучение пространственного расположения рудного тела. Исходя из этого, предусматривается выбор технологических средств отбора ориентированного керна (глава 5).

2.5.4 Обеспечение свойств очистного агента в процессе бурения

В качестве основной промывочной жидкости при высокоскоростном алмазном бурении используем эмульсионную промывочную жидкости на основе эмульсол лесохимический «ЭЛ-4» с концентрацией в промывочной жидкости 3 %, плотность данного эмульсионного раствора составляет $1,05 \text{ г/см}^3$. Большим

плюсом при этом является то, что при приготовлении промывочной жидкости на её основе возможно использование воды любой жёсткости. Эмульсия на основе ЭЛ-4 является средством для снижения вибрации снаряда и повышения частоты вращения колонны, а также сужает износ инструмента и самозаклинивания керна, и в общем активно воздействуют на весь процесс разрушения пород.

В качестве оборудования для приготовления промывочной жидкости, в целях экономии средств, можно использовать непосредственно зумпф, где готовится промывочная жидкость и миксер с гидравлическим приводом (рис. 2.6) от гидросистемы установки, входящий в доп. комплект с буровой установки. Миксер устанавливается непосредственно на зумпфе. Максимальная скорость миксера при полном потоке гидравлического масла через гидромотор составляет 2300 об/мин. [4].

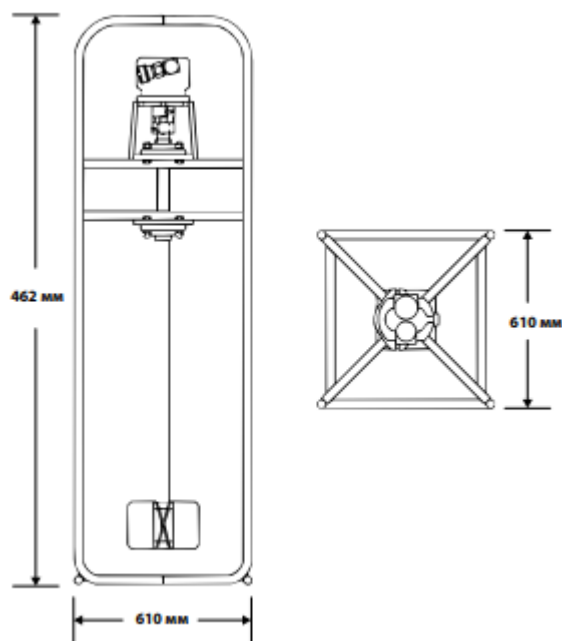


Рисунок 2.6 – Схема миксера с гидравлическим приводом

2.6 Реализация намеченных мероприятий по закреплению стенок скважины, сложенных неустойчивыми породами

Интервал горных пород от 0 до 9 м сложен песками, супесями, суглинками и валунно-галечными отложениями с песчаным заполнением. Во

избежание осложнений проектом предусматривается изоляция данного интервала колонной обсадных труб. Обсадную колонну требуется устанавливать в плотных устойчивых породах. Для этого необходимо пробурить интервал, сложенный переслаиванием окварцованных песчаников, алевролитов и сланцев на 6 м. Для бурения интервала от 0 до 4 м используется буровой снаряд ССК-НҚ с использованием алмазной коронки SSUMX-НҚ, а для интервала от 4 до 15 метров применяем алмазную коронку 07UMX-НҚ, в качестве промывочной жидкости используем малоглинистый буровой раствор, который образует глинистую корку на стенках скважины, тем самым закрепляет их и предохраняет от обрушения. Плотность раствора составляет 1,03 г/см³.

Башмак обсадной колонны устанавливается в переслаивание окварцованных песчаников и алевролитов.

В качестве обсадной колонны будут применены обсадные ниппельные трубы диаметром 89 мм.

Тампонирующее обсадной колонны будет производиться путем применения портландцемента.

При креплении обсадной колонны цементный раствор будет подаваться непосредственно через них. Осуществляется одноступенчатое цементирование обсадной колонны, состоящее из следующих операций:

- закачивается расчётное количество цементного раствора;
- закачивается продажная жидкость или продажный раствор, в количестве равном объёму трубного пространства.

В качестве продажной жидкости принимаем используемый буровой раствор. Конец цементирования фиксируется по резкому возрастанию давления на устье скважины в момент посадки пробки на обратный клапан или кольцо «стоп». После окончания работ скважина оставляется на ОЗЦ (ожидание затвердевания цемента)

2.7. Проверочные расчеты бурового оборудования

2.7.1. Проверочный расчет мощности привода буровой установки

Привод бурового станка выполняет работу при бурении скважин и при проведении спускоподъемных операций. Мощность привода рассчитывается исходя из необходимой мощности на бурение скважины, как правило, на конечной глубине.

Суммарная затрата мощности на бурение N_6 (кВт) определяется по следующей формуле [2]:

$$N_6 = N_{ст} + N_{тр} + N_{рз}, \quad (2.9)$$

где $N_{ст}$ – затраты мощности для привода самой силовой кинематики станка, кВт;

$N_{тр}$ – затраты мощности на вращение колонны труб, кВт;

$N_{рз}$ – затраты мощность на разрушение забоя, кВт.

1) Определяем затраты мощности для привода самой силовой кинематики станка используя следующую формулу [2]:

$$N_{ст} = N_{дв} * (0,075 + 0,00012 * n), \quad (2.10)$$

где $N_{дв}$ – номинальная мощность привода (двигателя) станка, кВт (табл. 2.4);

n – частота оборотов шпинделя, об/мин.

$$N_{ст} = 110 * (0,075 + 0,00012 * 1250) = 24,75 \text{ кВт.}$$

2) Затраты мощности на вращение колонны труб определяем по формуле [2]:

$$N_{тр} = k_1 * k_2 * k_3 * k_4 * k_5 * ((1,6 * 10^{-8}) * (1 + 0,6 * i) * \left(\frac{0,9 + 0,02 * \delta}{1 + 0,013 * \delta} \right) \left(\frac{D * q}{(EJ)^{0,16}} \right) * n^{1,85} * L^{0,75} * (1 + 0,44 * \sin \theta_{ср}) + 2 * 10^{-7} * \delta * n * G_{ос}), \quad (2.11)$$

где L – глубина скважины, м;

k_1 – коэффициент, учитывающий влияние смазывающей способности и антивибрационного действия промывочной жидкости на затраты мощности ($k_1 = 0,6$ при применении эмульсионных растворов или антивибрационной смазки);

k_2 – коэффициент, учитывающий влияние состояние стенок скважины (каверны, желоба, ствол обсажен) на затраты мощности ($k_2 = 1$ при нормальном геологическом разрезе);

k_3 – коэффициент, учитывающий влияние типа соединений бурильных труб на затраты мощности ($k_3 = 1$ для соединения «труба в трубу»);

k_4 – коэффициент, учитывающий влияние кривизны бурильных труб на затраты мощности ($k_4 = 1,1$ для бурильных труб повышенного качества с ниппельным соединением или соединением «труба в трубу»);

k_5 – коэффициент, учитывающий влияние материала бурильных труб на трение их о стенки скважины ($k_5 = 1$ для стальных бурильных труб);

δ – зазор, между стенками скважины и бурильными трубами, мм ($\delta = 2,15$ мм);

i – неизменная интенсивность искривления скважины.

J – экваториальный момент инерции бурильных труб, см⁴;

E – модуль продольной упругости бурильных труб, кгс/см² (для стали $E = 2 \cdot 10^6$ кгс/см²);

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

n – частота оборотов бурильного вала, об/мин;

q – средняя масса 1 м бурильных труб, кг/м (табл. 2.8);

D – диаметр скважины, мм;

$G_{\text{ос}}$ – осевая нагрузка, кгс.

Определяем экваториальный момент инерции сечения бурильных труб по формуле [2]:

$$J = \frac{\pi}{64} \cdot (d_{\text{н}}^4 - d_{\text{в}}^4), \quad (2.12)$$

где $d_{\text{н}}$ и $d_{\text{в}}$ – наружный и внутренний диаметр бурильных труб, см.

$$J = \frac{\pi}{64} \cdot (6,99^4 - 6,03^4) = 52,3 \text{ см}^4.$$

Расчёт среднего зенитного угла производим по формуле [2]:

$$\theta_{\text{ср}} = \theta_0 + 0,005 \cdot L \cdot i, \quad (2.13)$$

где θ_0 – начальным зенитным углом скважины, град. ($\theta_0 = 19$ град.).

$$\theta_{cp} = 19 + 0,005 * 300,2 * 1 = 20,5 \text{ град.}$$

$$N_{тр} = 0,6 * 1 * 1 * 1,1 * 1 * ((1,6 * 10^{-8}) * (1 + 0,6 * 1) * \left(\frac{0,9 + 0,02 * 2,15}{1 + 0,013 * 2,15} \right) \left(\frac{75,3 * 7,8}{(2 * 10^6 * 52,3)^{0,16}} \right) * \\ * 950^{1,85} * 300,2^{0,75} * (1 + 0,44 * \sin 20,5) + 2 * 10^{-7} * 2,15 * 950 * 1400) = 16,3 \text{ кВт.}$$

3) Определяем затраты мощности на разрушение забоя используя следующую формулу [2]:

$$N_{pz} = 2,67 * 10^{-7} * (\mu_0 + 16,7 * ГП * \frac{V_{мех}}{n}) * (D_n + D_v) * G_{oc} * n, \quad (2.14)$$

где μ_0 – коэффициент, характеризующий трение ПРИ о горную породу (табл. 2.12);

ГП – коэффициент, учитывающий физико-механические свойства горных пород и характер разрушения (табл. 2.12) [2];

D_n и D_v – наружный и внутренний диаметры коронки, мм;

$V_{мех}$ – механическая скорость бурения, м/ч (табл. 2.13) [2].

Таблица 2.12 – Значения коэффициента ГП и μ_0 для алмазной импрегнированной коронки

Тип ПРИ	ГП	μ_0
Алмазная импрегнированная коронка	5...8	0,05...0,10

Таблица 2.13 – Значения $V_{мех}$ для различных пород

Категория ГП по буримости	Механическая скорость бурения, м/ч
VII	1,9...2,0
VIII	1,3...1,9
IX	0,75...1,2
X	0,5...0,75

$$N_{pz} = 2,67 * 10^{-7} * (0,75 + 16,7 * 0,65 * \frac{0,6}{950}) * (75,3 + 47,6) * 1400 * 950 = 33 \text{ кВт.}$$

Суммарная затрата мощности на бурение определяем по формуле (2.9):

$$N_6 = 24,75 + 16,3 + 33 = 74,05 \text{ кВт.}$$

Мощность двигателя бурового станка равна 110 кВт, что достаточно для обеспечения необходимой мощности для бурения.

2.7.2. Расчет мощности привода насоса

Давление, развиваемое насосом при промывке скважины в процессе бурения, зависит от сопротивлений в нагнетательной линии. Рассчитывается оно путем суммирования потерь давления в элементах нагнетательной линии насоса.

Потери давления (МПа) в бурильных трубах [2]:

$$p_1 = 8,12 \cdot 10^{-7} \cdot \lambda_1 \cdot \rho_1 \cdot Q^2 \cdot \frac{L}{d_1^5}, \quad (2.15)$$

где ρ_1 – плотность закачиваемой насосом промывочной жидкости, кг/м³;

Q – расход промывки, м³/с;

L – длина бурильной колонны, м;

d_1 – внутренний диаметр бурильных труб, м;

λ_1 – коэффициент трения промывочной жидкости о бурильные трубы ($\lambda_1 = 0,02 \dots 0,06$).

$$p_1 = 8,12 \cdot 10^{-7} \cdot 0,03 \cdot 1050 \cdot 0,00133^2 \cdot \frac{300}{0,0603^5} = 0,017 \text{ МПа.}$$

Потери давления (МПа) в кольцевом пространстве между стенками скважины и бурильной колонной [2]:

$$p_2 = 8,12 \cdot 10^{-7} \cdot \lambda_2 \cdot \rho_2 \cdot Q^2 \cdot \frac{L}{(D+d)^2 \cdot (D-d)^3}, \quad (2.16)$$

где D – диаметр скважины, м;

d – наружный диаметр бурильных труб, м;

ρ_2 – плотность выходящего потока промывочной жидкости, обогащенной шламом, кг/м³ (для обычных буровых растворов $\rho_2 = \rho_1 + (10 \dots 30)$ кг/м³);

λ_2 – коэффициент трения промывочной жидкости о стенки скважины и бурильные трубы ($\lambda_2 = 0,02 \dots 0,06$).

$$\rho_2 = 1050 + 20 = 1070 \text{ кг/м}^3.$$

$$p_2 = 8,12 \cdot 10^{-7} \cdot 0,03 \cdot 1070 \cdot 0,00133^2 \cdot \frac{300}{(0,0753 + 0,0699)^2 \cdot (0,0753 - 0,0699)^3} = 0,0225 \text{ МПа.}$$

Потери давления (МПа) в элементах соединения бурильных труб (ниппели и замки) [2]:

$$p_3 = 8,12 \cdot 10^{-7} \cdot \xi \cdot \rho_1 \cdot \frac{Q^2}{d_0^4} \cdot n_c, \quad (2.17)$$

где d_0 – внутренний диаметр элементов соединения, м;

n_c – количество соединений в бурильной колонне;

ξ – коэффициент местного сопротивления.

Количество соединений в бурильной колонне определяем по формуле [2]:

$$n_c = L/l, \quad (2.18)$$

где l – длина бурильной трубы, м.

Коэффициент местного сопротивления определяем по формуле [2]:

$$\xi = a * \left(\left(\frac{d_1}{d_0} \right)^2 - 1 \right)^2, \quad (2.19)$$

a – коэффициент, зависящий от типа соединения (для ниппельного – $a = 1,5$).

$$\xi = 1,5 * \left(\left(\frac{0,0603}{0,0603} \right)^2 - 1 \right)^2 = 0.$$

$$n_c = \frac{300}{3} = 100.$$

$$p_3 = 8,12 * 10^{-7} * 0 * 1050 * \frac{0,00133^2}{0,0603^4} * 100 = 0 \text{ МПа.}$$

Суммарные гидравлические потери давления (МПа) [2]:

$$p_\Sigma = k * (p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6), \quad (2.20)$$

где k – коэффициент возможного зашламования скважины ($k = 1,34 \dots 1,5$);

p_4 – потери давления в колонковом наборе, МПа ($p_4 = 0,05 \dots 0,12$);

p_5 – потери давления при заклинивании керна, МПа ($p_5 = 0,5$);

p_6 – потери давления в нагнетательном шланге и буровом сальнике, МПа ($p_6 = 0,15 \dots 0,19$).

$$p_\Sigma = k * (p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6) = 0,017 + 0,0225 + 0,1 + 0,5 + 0,15 = 0,79 \text{ МПа.}$$

Буровой насос должен развивать давление равное (МПа) [2]:

$$p_n = p_\Sigma. \quad (2.21)$$

$$p_n = 0,79 \text{ МПа.}$$

Мощность (кВт), необходимая на привод насоса [2]:

$$N_n = k_m * \frac{Q * p_n * \rho_{ж}}{\eta}, \quad (2.22)$$

где k_m – коэффициент запаса мощности ($k_m = 1,1 \dots 1,2$);

η – к. п. д. привода насоса ($\eta = 0,75 \div 0,85$).

$$N_H = 1,1 * \frac{0,00133 * 0,79 * 1050}{0,8} = 1,4 \text{ кВт.}$$

Расчетная мощность привода насоса не превышает табличную (табл. 2.6), следовательно, насос удовлетворяет условиям для проведения буровых работ.

2.7.3. Проверочный расчет бурильных труб при нормальном процессе бурения

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

Запас прочности бурильных труб для любого сечения сжатой части определяется по формуле [2]:

$$n_{сж} = \frac{[\sigma_m]}{\sigma_{\Sigma c}} \geq 1,7, \quad (2.23)$$

где σ_m – предел прочности материала бурильных труб, кгс/см²;

$\sigma_{\Sigma c}$ – суммарное напряжение от одновременного действия сил сжатия, изгиба и кручения, кгс/см².

Для определения суммарного напряжения от одновременного действия сил сжатия, изгиба и кручения воспользуемся следующей формулой [2]:

$$\sigma_{\Sigma c} = \sqrt{(\sigma_{сж} + \sigma_{изг})^2 + 4\tau_{кр}^2}, \quad (2.24)$$

где $\sigma_{сж}$ – напряжение сжатия, кгс/см²;

$\sigma_{изг}$ – напряжение изгиба, кгс/см²;

$\tau_{кр}$ – напряжение кручения, кгс/см².

Напряжение сжатия определяем по формуле [2]:

$$\sigma_{сж} = \frac{\varphi * P_{сж}}{F}, \quad (2.25)$$

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

F – сечение бурильных труб, см²;

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

Определяем усилие сжатия в рассматриваемом сечении по формуле [2]:

$$P_{сж} = q * z * (1 - \frac{\gamma_{ж}}{\gamma_{м}}) * (\cos \theta_{ср. z} - f_{тр} * \sin \theta_{ср. z}), \quad (2.26)$$

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 [2]:

$$L_0 = \frac{G_{ос}}{q * (1 - \frac{\gamma_{ж}}{\gamma_{м}})}. \quad (2.27)$$

$$z = L_0 = \frac{1427,6}{7,8 * (1 - \frac{1,05}{7,85})} = 211 \text{ м.}$$

Сечение бурильных труб определяем по формуле [2]:

$$F = \frac{\pi}{4} * (d_H^2 - d_B^2), \quad (2.28)$$

$$F = \frac{\pi}{4} * (6,99^2 - 6,03^2) = 9,8 \text{ см}^2.$$

где d_H и d_B – соответственно наружный и внутренний диаметры бурильных труб, см.

При неизменной интенсивности искривления i по всей скважине $\theta_{ср. z}$ может быть определено (в град.) [2]:

$$\theta_{ср. z} = \theta_0 + 0,005 * (L_{HZ} + L_{K \cdot Z}) i, \quad (2.29)$$

где L_{HZ} , $L_{K \cdot Z}$ – глубина конца и начала участка z , м.

Напряжение изгиба вызывается потерей устойчивости буровой колонны и определяем по формуле [2]:

$$\sigma_{изг} = \frac{\pi^2 * E * J * f}{l^2 * W_{изг}}, \quad (2.30)$$

где l – длина полуволны прогиба бурильных труб, см;

E – модуль продольной упругости, кгс/см² (для стали $E = 2 * 10^6 \text{ кгс/см}^2$);

J – экваториальный момент инерции сечения бурильных труб, см^4 ;

$W_{\text{изг}}$ – полярный момент сопротивления сечения бурильных труб при изгибе, см^3 ;

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

Стрела прогиба бурильных труб в рассматриваемом сечении определяем по формуле [2]:

$$f = 0,5 \cdot (D - d_{\text{н}}), \quad (2.31)$$

$$f = 0,5 \cdot (7,53 - 6,99) = 0,27 \text{ см.}$$

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

Полярный момент сопротивления сечения бурильных труб при изгибе определяем по формуле [2]:

$$W_{\text{изг}} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_{\text{н}}^4 - d_{\text{в}}^4}{d_{\text{н}}}. \quad (2.32)$$

$$W_{\text{изг}} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{6,99^4 - 6,03^4}{6,99} = 15 \text{ см}^3.$$

Длину полуволны прогиба бурильных труб определяем по формуле:

$$l = \frac{10}{\omega} \cdot \sqrt{-0,5 \cdot z + \sqrt{0,25 \cdot z^2 + \frac{EJ\omega^2}{10^3 qg}}}, \quad (2.33)$$

где ω – угловая скорость вращения, с^{-1} ;

g – ускорение силы тяжести, м/с^2 ($g = 9,82 \text{ м/с}^2$).

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 [2]:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}. \quad (2.34)$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot 950}{30} = 99,5 \text{ с}^{-1}.$$

Определяем напряжение кручения по следующей формуле [2]:

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{кр}}}{W_{\text{кр}}}, \quad (2.35)$$

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

$W_{кр}$ – полярный момент сопротивления сечения буровых труб при кручении, см³.

Полярный момент сопротивления сечения буровых труб при кручении определяем по формуле [2]:

$$W_{кр} = \frac{\pi}{16} * \frac{d_H^4 - d_B^4}{d_H}. \quad (2.36)$$

$$W_{кр} = \frac{\pi}{16} * \frac{6,99^4 - 6,03^4}{6,99} = 29,9 \text{ см}^3.$$

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

$$M_{кр} = 94700 * \frac{N}{n}, \quad (2.37)$$

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.

$$N = 1,5 * 33 = 49,5 \text{ кВт.}$$

$$M_{кр} = 94700 * \frac{49,5}{950} = 4934,4 \text{ кгс*см.}$$

Напряжение кручения определяем по формуле (2.35):

$$\tau_{кр} = \frac{4934,4}{29,9} = 165 \text{ кгс/см}^2.$$

Длину полуволны прогиба буровых труб определяем по формуле (2.33):

$$l = \frac{10}{99,5} * \sqrt{-0,5 * 211 + \sqrt{0,25 * 211^2 + \frac{2 * 10^6 * 52,3 * 99,5^2}{10^3 * 7,8 * 9,82}}} = 6 \text{ м.}$$

Так как расчетная длина полуволны прогиба буровых труб (l) больше длины буровой трубы ($l_{бт}$), то принимаем значение $l = l_{бт} = 3 \text{ м.}$

Напряжение изгиба определяем по формуле (2.30):

$$\sigma_{изг} = \frac{\pi^2 * 2 * 10^6 * 52,3 * 0,27}{300^2 * 15} = 206,5 \text{ кгс/см}^2.$$

В сечении бурильных труб у забоя $P_{сж} = G_{ос} = 1427,6 \text{ кгс}$.

Напряжение сжатия определяем по формуле (2.25):

$$\sigma_{сж} = \frac{1,2 * 1427,6}{9,8} = 174,8 \text{ кгс/см}^2.$$

Суммарного напряжения определяем по формуле (2.24):

$$\sigma_{\Sigma c} = \sqrt{(174,8 + 206,5)^2 + 4 * 165^2} = 504,3 \text{ кгс/см}^2.$$

Запас прочности бурильных труб для любого сечения сжатой части определяем по формуле (2.23):

$$n_{сж} = \frac{3700}{504,3} = 7,3 \geq 1,7.$$

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.

2.7.3.2. 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 [2]:

$$n_p = \frac{[\sigma_m]}{\sigma_{\Sigma p}} \geq 1,4, \quad (2.38)$$

где $\sigma_{\Sigma p}$ – суммарное напряжение от одновременного действия сил растяжения, изгиба и кручения, кгс/см².

Для определения суммарного напряжения от одновременного действия сил растяжения, изгиба и кручения воспользуемся следующей формулой [2]:

$$\sigma_{\Sigma p} = \sqrt{(\sigma_p + \sigma_{изг})^2 + 4\tau_{кр}^2} \leq [\sigma_m], \quad (2.39)$$

где σ_p – напряжение растяжения, кгс/см².

Напряжение растяжения определяем по формуле [2]:

$$\sigma_p = \frac{\varphi * P_p}{F}, \quad (2.40)$$

где P_p – усилие растяжения в рассматриваемом сечении, кгс.

$$P_p = q * z * \left(1 - \frac{Y_{ж}}{Y_M}\right) * (\cos \theta_{ср.з} - f_{тр} * \sin \theta_{ср.з}). \quad (2.41)$$

Длина участка колонны от рассматриваемого сечения до нулевого, м [2]:

$$z = L_{сKB} - L_0. \quad (2.42)$$

$$z = 300,2 - 211 = 89,2 \text{ м.}$$

Длину полуволны прогиба буровых труб определяем по формуле [2]:

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

Напряжение кручения $\tau_{кр}$ определяется с использованием формул (2.35)-(2.37).

Мощность на вращение части колонны, расположенной ниже рассматриваемого сечения, и на работу ПРИ определяем с помощью формулы [2]:

$$N = N_{тр.}' + N_з, \quad (2.44)$$

где $N_{тр.}'$ – мощность на собственно вращение части колонны буровых труб: от рассматриваемого сечения до забоя, кВт (входящий в формулу $N_{тр.}'$ средний зенитный угол $\theta_{ср.з}$ определяется по формуле (2.29), а мощность $N_{тр.}'$ определяется по формуле (2.11)).

$$\theta_{ср.з} = 19 + 0,005 * (0 + 89,2) * 1 = 19,4 \text{ град.}$$

$$N_{тр} = 0,6 * 1 * 1 * 1,1 * 1 * ((1,6 * 10^{-8}) * (1 + 0,6 * 1) * \left(\frac{0,9 + 0,02 * 2,15}{1 + 0,013 * 2,15}\right) * \left(\frac{75,3 * 7,8}{(2 * 10^6 * 52,3)^{0,16}}\right) * 950^{1,85} * 300,2^{0,75} * (1 + 0,44 * \sin 19,4) + 2 * 10^{-7} * 2,15 * 950 * 1400) = 14 \text{ кВт.}$$

$$N = 14 + 33 = 47 \text{ кВт.}$$

Крутящий момент на вращение части колонны, расположенной ниже рассматриваемого сечения определяем по формуле (2.37):

$$M_{кр} = 94700 * \frac{47}{950} = 4685,2 \text{ кгс*см.}$$

Напряжение кручения определяем по формуле (2.35):

$$\tau_{кр} = \frac{4685,2}{29,9} = 157 \text{ кгс/см}^2.$$

Усилие растяжения в рассматриваемом сечении определяем по формуле (2.41):

$$P_p = 7,8 * 89,2 * (1 - \frac{1,05}{7,85}) * (\cos 19,4 - 0,3 * \sin 19,4) = 419 \text{ кгс.}$$

Напряжение растяжения определяем по формуле (2.40):

$$\sigma_p = \frac{1,2 * 419}{9,8} = 51,3 \text{ кгс/см}^2.$$

Длину полуволны прогиба бурильных труб определяем по формуле (2.43):

$$l = \frac{10}{99,5} * \sqrt{0,5 * 89,2 + \sqrt{0,25 * 89,2^2 + \frac{2 * 10^6 * 52,3 * 99,5^2}{10^3 * 7,8 * 9,82}}} = 6,1 \text{ м.}$$

Так как расчетная длина полуволны прогиба бурильных труб (l) больше длины бурильной трубы ($l_{\text{бт}}$), то принимаем значение $l = l_{\text{бт}} = 3 \text{ м}$.

Напряжение изгиба определяем по формуле (2.30):

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{\pi^2 * 2 * 10^6 * 52,3 * 0,27}{300^2 * 15} = 206,5 \text{ кгс/см}^2.$$

Суммарного напряжения от одновременного действия сил растяжения, изгиба и кручения определяем по формуле (2.39):

$$\sigma_{\Sigma p} = \sqrt{(51,3 + 206,5)^2 + 4 * 157^2} = 406,3 \leq 3700 \text{ кгс/см}^2.$$

Запас прочности верхнего сечения растянутой части буровой колонны определяется по формуле (2.38):

$$n_p = \frac{3700}{406,3} = 9,1 \geq 1,4 \text{ кгс/см}^2.$$

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.

2.7.3.3. Определение запаса прочности бурильных труб в нулевом сечении

Запас прочности бурильных труб в нулевом сечении определяется по формуле [2]:

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

где n_σ и n_τ – запас прочности по нормальным и касательным напряжениям, соответственно.

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

где $[\sigma_{-1}]$ – предел выносливости материала бурильных труб при изгибе с симметричным циклом, кгс/см² ($[\sigma_{-1}] = 0,41 * [\sigma_m]$);

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

$\sigma_{изг}$ – напряжение изгиба определяем по формуле (2.30).

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

Для нулевого сечения $z = 0$ длина полуволны l определяется по формуле [2]:

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

Запас прочности n_τ определяется по формуле [2]:

$$n_\tau = \frac{[\tau]}{\tau_{кр}} \geq 1,3, \quad (2.48)$$

где $[\tau]$ – допустимое напряжение при кручении, кгс/см².

Напряжение кручения $\tau_{кр}$ в нулевом сечении определяется с использованием формул (2.35) – (2.37).

$$\theta_{ср. z} = 19 + 0,005 * (89,2 + 0) * 1 = 19,4 \text{ град.}$$

$$N_{тр} = 0,6 * 1 * 1 * 1,1 * 1 * ((1,6 * 10^{-8}) * (1 + 0,6 * 1) * \left(\frac{0,9 + 0,02 * 2,15}{1 + 0,013 * 2,15} \right) * \left(\frac{75,3 * 7,8}{(2 * 10^6 * 52,3)^{0,16}} \right) * \\ * 950^{1,85} * 300,2^{0,75} * (1 + 0,44 * \sin 19,4) + 2 * 10^{-7} * 2,15 * 950 * 1400) = 14 \text{ кВт.}$$

$$N = 14 + 33 = 47 \text{ кВт.}$$

Крутящий момент на вращение части колонны, расположенной ниже рассматриваемого сечения определяем по формуле (2.37):

$$M_{кр} = 94700 * \frac{47}{950} = 4685,2 \text{ кгс*см.}$$

Напряжение кручения определяем по формуле (2.35):

$$\tau_{кр} = \frac{4685,2}{29,9} = 157 \text{ кгс/см}^2.$$

Запас прочности определяем по формуле (2.48):

$$n_{\tau} = \frac{2550}{157} = 16,2 \geq 1,3,$$

Длина полуволны l определяется по формуле (2.47):

$$l = \frac{10}{99,5} * \sqrt[4]{\frac{2*10^6*52,3*99,5^2}{10^3*7,8*9,82}} = 6,09 \text{ м.}$$

Так как расчетная длина полуволны прогиба бурильных труб (l) больше длины бурильной трубы ($l_{\text{бт}}$), то принимаем значение $l = l_{\text{бт}} = 3 \text{ м.}$

Напряжение изгиба определяем по формуле (2.30):

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{\pi^2 * 2 * 10^6 * 52,3 * 0,27}{300^2 * 15} = 206,5 \text{ кгс/см}^2.$$

Запас прочности по нормальному напряжению определяем по формуле (2.46):

$$n_{\sigma} = \frac{1517}{206,5 * 1,5} = 4,9 \geq 1,3,$$

Запас прочности бурильных труб в нулевом сечении определяем по формуле (2.45):

$$n_0 = \frac{4,9 * 16,2}{\sqrt{4,9^2 + 16,2^2}} = 4,7 \geq 1,3.$$

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.

2.7.4. Проверочные расчеты грузоподъемности мачты

2.7.4.1. Расчет и выбор схемы талевой системы

Так как буровая установка LF-70PQ использует только однострунную оснастку талевой системы (на прямом канате) (рис. 2.7), расчет и выбор схемы талевой системы не предусматривается.

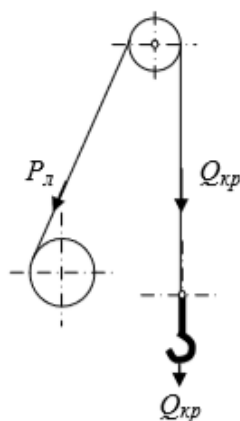


Рисунок 2.7 – Схема однострунной оснастки талевой системы

2.7.4.2. Расчет усилий в ветвях талевой системы и нагрузки на мачту

Для однострунной оснастки талевой системы усилие в лебедочном конце $P_{\text{л}}$ определяется по формуле [2]:

$$P_{\text{л}} = \frac{Q_{\text{кр}}}{m * \eta}, \quad (2.49)$$

где $Q_{\text{кр}}$ – нагрузка на крюк, кгс;

η – КПД талевой системы;

m – число рабочих струн, для ТС 0х1 $m = 1$.

Нагрузка на крюк определяется по формуле [2]:

$$Q_{\text{кр}} = (\alpha_1 * \alpha_2 * q * L_{\text{СКВ}} * (1 - \frac{\gamma_{\text{ж}}}{\gamma_{\text{м}}}) * (\cos \theta_{\text{ср.з}} - f_{\text{тр}} * \sin \theta_{\text{ср.з}}) + G) * (1 + \frac{V_{\text{л}}}{g * t}), \quad (2.50)$$

где q – усредненная масса 1 м бурильных труб, кг;

α_1 – коэффициент учитывающий увеличение массы труб за счет соединений (для соединения «труба в трубу» $\alpha_1 = 1$);

α_2 – коэффициент, учитывающий дополнительные сопротивления при подъеме, обусловленные искривлением скважины, прихватами в отдельных участках скважины ($\alpha_2 = 1,3$);

G – вес подвижной части талевой системы, кгс ($G = 68 \text{ кгс}$);

g – ускорение свободного падения ($g = 9,82 \text{ м/с}^2$);

t – время разгона буровой колонны, с (принимается равным 1 – 2 с);

$V_{\text{л}}$ – минимальная скорость навивки каната на барабан лебедки, м/с.

$$Q_{кр} = (1*1,3*7,8*300,2(1-\frac{1,05}{7,85})(\cos 20,5 + 0,3*\sin 20,5)+68)(1+\frac{0,88}{9,82*2}) = 1351,4 \text{ кгс.}$$

КПД талевой системы β определяется по формуле [2]:

$$\eta = \frac{\beta^m - 1}{m * \beta^m (\beta - 1)}, \quad (2.51)$$

где m – число рабочих струн талевой системы;

$\beta = 1,03 \div 1,04$ – коэффициент сопротивления ролика, величина которого обусловлена трением в подшипниках и трением каната о желобок ролика.

$$\eta = \frac{1,03^1 - 1}{1 * 1,03^1 (1,03 - 1)} = 0,97$$

Усилие в лебедочном конце определяем по формуле (2.49):

$$P_{л} = \frac{1351,4}{1 * 0,97} = 1393 \text{ кгс.}$$

Нагрузку на мачту P_m (в кгс) при однострунной оснастке талевой системы определяется по формуле [2]:

$$P_m = P_{л} + Q_{кр}. \quad (2.52)$$

$$P_m = 1393 + 1351,4 = 2744,4 \text{ кгс.}$$

Мачты буровой установки LF-70PQ по данным технической характеристики, имеет грузоподъемность 20395 кгс, что в разы превышает рассчитанную величину нагрузки на мачту, следовательно, данная мачта может быть использована при бурении проектных скважин.

2.7.4.3. Расчет талевого каната

В комплекте с буровой установкой LF-70PQ поставляется талевый канат диаметром 14,3 мм, с минимальной прочностью на разрыв 181,4 кН.

2.7.4.4. Определение количества свечей, поднимаемых на каждой скорости лебедки

Буровая установка LF-70PQ имеет плавное регулирование скорости намотки каната на барабан лебедки, следовательно, расчёт количества свечей, поднимаемых на каждой скорости лебедки, не предусматривается.

Согласно правилам техники безопасности, при подъеме снаряда максимальная скорость перемещения элеватора не должна превышать 1,6 м/с при длине свечи до 4,7 м и 2,0 м/с при длине свечи свыше 4,7 м.

2.8. Разработка мероприятий по предупреждению аварий при бурении скважин

В процессе буровых работ на данном участке возможны следующие виды аварий:

1) Аварии, связанные с колонной бурильных труб: оставление в скважине бурильных колонн или их частей из-за поломок в теле или в соединительных элементах бурильных, ведущих и утяжеленных труб; падение в скважину элементов бурильных колонн;

2) Аварии, связанные с прихватом бурильной колонны: невозможность спуска или подъема бурильной колонны; прилипание бурильных труб к стенкам скважины, заклинивание породоразрушающего инструмента, колонковых или бурильных труб, возникновение сальников в скважине, обвалы и осыпания стенок скважин, прижог бурового инструмента, затяжка бурильной колонны;

3) Аварии, связанные с буровыми коронками и долотами: прижоги или оставление в скважине коронок, долот;

4) Аварии, связанные со скважинными работами: обрыв и оставление в скважине различных скважинных приборов, троса или каротажного кабеля;

Основными мерами предупреждения аварий, связанных с обрывами бурильных труб являются:

- применение бурильных труб, соответствующих по своей прочности выбранному режиму бурения;
- проведение систематического шаблонирования бурильных труб и осмотра их соединений;
- обеспечение условия складирования и транспортировки бурильных труб, не допускающие их порчу (особенно резьбовых соединений);

- проведение систематической проверки состояния спускоподъемного инструмента, механизмов для свинчивания и развинчивания труб;
- проведение мероприятий по исключению аномального искривления скважины.

Способы ликвидации с обрывами бурильных труб:

- применение отводных крюков, соединение с отдельными элементами и попытки извлечения их поочередно;
- разбуривание зоны расклинивания до накрытия расклиненного инструмента колонковой трубой, цементация интервала у верхнего конца бурильной колонны с последующим забуриванием нового ствола скважины.

При обрыве бурильной колонны в результате прихвата для его ликвидации производится спуск метчика (колокола) на бурильных трубах с левой резьбой и соединения с оставшейся частью бурильных труб, производится левое вращение и накручивание снаряда на аварийный инструмент.

Меры предупреждения аварий, связанных с прихватами бурильных колонн:

- принятие мер для исключения накопления и оседания шлама в скважине, для чего применять промывочные жидкости, соответствующие условиям бурения, в количестве, достаточном для выноса шлама;
- устройство циркуляционной системы, обеспечивающей очистку раствора;
- производство спуска инструмента в нижней части ствола скважины с промывкой и вращением;
- систематический осмотр бурильной колонны с целью выявления мест утечки промывочной жидкости;
- своевременное перекрытие обсадными трубами зон неустойчивых пород и поглощений;

- подбор промывочной жидкости, способствующей укреплению стенок скважины, и тампонажной смеси для ликвидации поглощений промывочной жидкости;
- проработка ствола скважины в зоне затяжек;
- производства спуска и подъема в этих интервалах вращением и интенсивной промывкой растворами с пониженной водоотдачей;
- принятие мер по исключению оставления бурового снаряда на длительное время на забое или в призабойной зоне при прекращении вращения и промывки.

Меры, предназначенные для ликвидации прихватов:

- ликвидация аварии натяжкой колонны;
- обуривание колонковой трубы.

Меры предупреждения аварий, связанных с породоразрушающим инструментом:

- принятие мер по исключению спуска в скважину коронок и долот, имеющих дефекты резьб, трещины корпусов и матриц, люфт в опорах шарошек, с забитыми промывочными отверстиями и другими дефектами;
- наворачивание алмазных коронок и расширителей специальными ключами;
- производство подъема инструмента при резком падении механической скорости, возникновении вибрации и посторонних процессов в скважине;
- обеспечение полной герметичности всех соединений бурового снаряда;
- наблюдение за соответствием диаметров при замене породоразрушающего инструмента.

Способы ликвидаций аварий, связанных с породоразрушающим инструментом:

- извлечение породоразрушающего инструмента производится с помощью специального инструмента: ловушки типа ЛМС или ЛМ;
- разбуривание породоразрушающего инструмента с последующим подъемом в колонковой трубе.

Меры предупреждения аварий при скважинных работах:

- ознакомление каротажной бригады перед производством работ с особенностями конструкции и состоянием скважины, с возможными зонами осложнений;
- проработка ствола скважины перед спуском геофизических и других скважинных приборов, и снарядов;
- проверка соответствия кабеля (троса) глубине производимых работ, его целостности, прочности крепления скважинных приборов и устройств;
- прекращение спуска скважинных приборов при их зажатках, поднятие приборов и повтор проработки скважины.

Способы ликвидации аварий при скважинных работах:

- при обрыве и оставлении скважинных приборов (устройств) в скважине их извлечение проводится после навинчивания ловильного колокола или накрытия колонковой трубой соответствующего диаметра;
- при обрыве каротажного кабеля или троса их извлечение производится с помощью ловителей каната.

В случае невозможности извлечения кабеля (троса) производится разбуривание.

2.9 Выбор источника энергии

Для обеспечения энергии, необходимой для снабжения вспомогательного оборудования и инструмента, предусматривается применение дизельной электростанции ЭДД-30-4 (рис. 2.8). мощностью 30 кВт на базе двигателя DEUTZ TD226B-3D. Дизельная электростанция ЭДД-30-4 предназначена для обеспечения электроэнергией вспомогательного оборудования и инструмента. Технические характеристики ЭДД-30-4 приведены в таблице 2.14.



Рисунок 2.8 – дизельная электростанция ЭДД-30-4

Таблица 2.14 – Технические характеристики ЭДД-30-4

Наименование параметра	Характеристика параметра
Номинальная мощность, кВт	30
Номинальная частота вращения, об/мин	1500
Тип тока	переменный
Номинальное напряжение, В	400
Номинальная частота тока, Гц	50
Расход топлива, л/ч	6,4
Емкость топливного бака, л	160
Масса «сухой» ДЭС, кг	850
Габариты, мм	1940x650x1430
Ресурс до капитального ресурса, ч	20000

Дизельный электрогенератор монтируется в передвижном здании, которое также служит складом для запасных частей, вспомогательного оборудования, инструмента и расходных материалов.

2.10 Механизация спуско-подъемных операций

Спуско-подъёмные операции (СПО) при колонковом бурении весьма длительны, трудоёмки и опасны. СПО бурильных труб осуществляется с помощью главной лебедки буровой установки LF-70PQ. Скорость подъема бурильных труб, плавно регулируемая в диапазоне от 0 до 53 м/мин. Длина свечи составляет 6 метров. Свинчивание и развинчивание труб осуществляется вращателем и трубодержателем. В качестве элеватора выступает пробка-вертлюг типоразмера NQ.

Свинчивание и навинчивание породоразрушающего инструмента на колонковую трубу будет производиться при помощи специальных короночных ключей.

2.11. Использование буровой контрольно-измерительной аппаратуры (БКИА)

Прогресс и высокие показатели при сооружении скважин во многом зависят от оперативного контроля за процессом бурения с помощью контрольно-измерительной аппаратуры.

Буровая установка LF-70PQ оснащена пультом управления, на которой отображаются все параметры бурения, а также осуществляется управление всеми узлами буровой установки [4].

На пульте управления отображается следующая информация:

- счетчик времени
- тахометр
- вольтметр
- указатель температуры воды
- указатель веса бура
- указатель давления подачи
- указатель крутящего момента штанги
- указатель давления масла

- указатель давления во вспомогательном контуре
- вторичный указатель давления

Управление буровым оборудованием осуществляется:

- рычагом управления талевой лебедкой;
- рычагом управления лебёдкой ССК;
- рычагом управления лебедкой главного подъема;
- рычагом управления направлением быстрой подачи;
- рычагом управления направлением вращения;
- рычагом свинчивания и развинчивания штанг;
- регулирующим клапаном скорости подачи;
- регулятором подачи;
- регулятором для уменьшения давления подачи;
- регулятором скорости смесителя бурового раствора;
- клапаном сбрасывания штанги;
- регулятором подъема мачты;
- регулятором зажимного патрона;
- регулятором штангодержателя;
- регулятором соединения штанг;
- регулятором скорости вращения.

2.12. Монтаж и демонтаж бурового оборудования

Демонтаж бурового оборудования осуществляется после полного проведения буровых работ ликвидации или консервации скважины. Монтаж производится после перевозки бурового оборудования на подготовленную площадку.

Предусматривается расчистка площадок под буровые работы. В пределах участка подъездные пути отсутствуют. Для перевозки буровой установки между проектными скважинами на профилях и между профилями, а также проезда технологического транспорта необходимо производить строительство

грунтовых дорог. Работы проводятся бульдозером ЧЕТРА Т-20 посредством рыхления и перемещения грунта из кюветов на земляное полотно. Для обеспечения подъезда к каждой проектной скважине грунтовые дороги строятся в труднопроходимых и непроходимых для перевозки буровой установки и проезда технологического транспорта местах в условиях пересеченного рельефа. Предусматривается лишь срезка растительного слоя и разработка грунта с перемещением на земляное полотно, его планировка и укатка.

Перевозка буровой установки осуществляется самоходно, перевозка вспомогательного бурового оборудования осуществляется бульдозером ЧЕТРА Т-20.

Расстановка вспомогательного бурового оборудования осуществляется в непосредственной близости с буровой установкой. Подвод электроэнергии осуществляется путем протягивания кабеля дизельной электростанции к распределительному щитку буровой установки. Основные мероприятия по оснащению отопления, освещения, расположения и состава противопожарного инвентаря приведены в главе 3.

2.13. Ликвидация скважин

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). Технические характеристики тампонажного портландцемента ПЦТ приведены в табл. 2.15.

Таблица 2.15 – Технические характеристики тампонажного ПЦТ

Тип смеси	В/Ц	Сроки схватывания, час:мин		Плотность, т/м ³	Основные свойства
		начало	окончание		
Базовый	0,5	2:00	10:00	1,8–1,9	Хорошая текучесть и прокачиваемость

Технология тампонирования скважины:

- приготовление тампонажной смеси с учетом всех требований, соотношений и кондиций;
- закачивание тампонажной смеси насосом в скважину;
- заполнение скважины тампонажной смесью от забоя до устья скважины;
- установка репера с порядковым номером на устье скважины.

Рекультивация всех площадок предусматривается после проведения всех геологоразведочных работ на завершающих стадиях. Рекультивация буровых площадок предусматривает расчистку от порубочных остатков, использования в качестве топлива, расчистку от бытовых и технических отходов.

3. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

На рудопроявлении «Красное» проводятся работы детальной разведки на рудное золото путем сооружения геологоразведочных скважин буровыми установками LF-70PQ компании Boart Longyear.

Территория лицензионного участка расположена на правом берегу р. Бодайбо, в ее верхнем течении. Район достаточно хорошо освоен в экономическом отношении, располагаясь в 70-80 км от разведанных рудных месторождений Сухой Лог, Вернинское и Высочайший. В окрестностях ведется добыча золота из россыпей различных типов. В административном отношении объект подведомственен Артемовскому городскому поселению Бодайбинского района Иркутской области.

Район приравнен к условиям Крайнего севера. Климат района резко континентальный. В орографическом отношении район расположен в пределах Патомского нагорья с типичным среднегорным рельефом. Рельеф характеризуется сглаженными вершинами водоразделов и крутыми, до 30° склонами. Речная сеть района работ представлена небольшими водотоками, почти полностью перемерзающими зимой. Фауна и флора типично сибирская, таежная. Строевой лес на площади работ практически отсутствует, что связано с его вырубкой при эксплуатации россыпей.

Полевые работы проводятся круглогодично.

3.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

3.1.1. Особенности регулирования труда лиц, работающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях

Государство обеспечивает лицам, работающим в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях следующий ряд дополнительных

гарантий и компенсаций:

- оплата труда осуществляется с применением районных коэффициентов и процентных надбавок к заработной плате;
- работнику, увольняемому из организации в связи с ликвидацией организации, либо сокращением численности или штата работников организации выплачивается выходное пособие в размере среднего месячного заработка, за ним также сохраняется средний месячный заработок на период трудоустройства, но не свыше трех месяцев со дня увольнения (с зачетом выходного пособия);
- кроме основного оплачиваемого отпуска лицам, работающим в районах Крайнего Севера, предоставляются дополнительные оплачиваемые отпуска продолжительностью 24 календарных дня, а лицам, работающим в местностях, приравненных к районам Крайнего Севера, – 16 календарных дней;
- работник имеет право на оплату один раз в два года за счет средств работодателя стоимости проезда в пределах территории Российской Федерации к месту использования отпуска и обратно любым видом транспорта (за исключением такси), в том числе личным, стоимость провоза багажа весом до 30 килограммов, а также стоимость проезда и провоза багажа к месту использования отпуска работника и обратно неработающим членам его семьи (мужу, жене, несовершеннолетним детям, фактически проживающим с работником) независимо от времени использования отпуска;
- работник, заключивший трудовой договор о работе в организациях, расположенных в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, и прибывший в соответствии с этим договором из других регионов Российской Федерации, за счет средств работодателя предоставляются следующие гарантии и компенсации: единовременное пособие в размере двух месячных тарифных ставок, окладов (должностных окладов) и единовременное пособие на каждого прибывающего с ним члена его семьи в размере половины месячной тарифной ставки, оклада (должностного оклада) работника; оплата стоимости проезда работника и членов его семьи в пределах территории Российской

Федерации по фактическим расходам, а также стоимости провоза багажа не свыше пяти тонн на семью по фактическим расходам, но не свыше тарифов, предусмотренных для перевозки железнодорожным транспортом; оплачиваемый отпуск продолжительностью семь календарных дней для обустройства на новом месте.

- одному из родителей (опекуну, попечителю, приемному родителю) имеющему ребенка в возрасте до шестнадцати лет, по его письменному заявлению ежемесячно предоставляется дополнительный выходной день без сохранения заработной платы [6].

3.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Работа буровой бригады выполняется стоя, 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» [7]:

- органы управления, используемые до 5 раз в смену, допускается располагать за пределами зоны досягаемости моторного поля;
- при работе двумя руками органы управления размещают с таким расчетом, чтобы не было перекрещивания рук;
- аварийные органы управления следует располагать в пределах зоны досягаемости моторного поля, при этом следует предусмотреть специальные средства опознавания и предотвращения их непроизвольного и самопроизвольного включения в соответствии с ГОСТ 12.2.003-91;
- редко используемые средства отображения информации допускается располагать в вертикальной/горизонтальной плоскости под углом $\pm 60^\circ$ от нормальной линии взгляда.

3.2. Производственная безопасность

При сооружении геологоразведочных скважин буровая бригада может подвергаться воздействию различных факторов, которые способны в

определенных условиях нанести вред здоровью человека. Наиболее важным аспектом является четкое и слаженное взаимодействие работающих служб, а также своевременное и точное поступление различных сведений, касающихся безопасности людей.

В процессе трудовой деятельности на человека воздействуют в основном опасные и вредные производственные факторы. К опасным производственным факторам относятся такие факторы, воздействие которых в определенных условиях приводят к травме или резкому ухудшению здоровья работающего, а к вредным относятся такие факторы, воздействие которых на человека в определенных условиях приводит к снижению работоспособности или заболеванию. Основные опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе геологоразведочных работ на участке «Красное», представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Основные опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе геологоразведочных работ на участке «Красное»

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Транспортиро вка и монтаж- демонтаж оборудования	Бурение скважин и вспомогательн ые работы	
1	2	3	4
1. Движущиеся машины и механизмы	+	+	ГОСТ 12.1.003-2015 [8]
2. Острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности инструментов и труб		+	ГОСТ 12.1.005-88 [9] ГОСТ 12.1.012-90 [10] ГОСТ 12.1.029-80 [11]
3. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе.	+	+	ГОСТ 12.1.030-81 [12] ГОСТ 12.1.038-82 [13]
4. Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте		+	ГОСТ 12.2.061-81 [14]

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
5. Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны	+	+	СанПин 2.2.2.3359-16 [15] СанПиН 2.2.4.548-96 [16] СНиП 12-04-2002 [17]
6. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	
7. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека		+	
8. Повреждения в результате контакта с насекомыми	+	+	

3.2.1. Анализ опасных факторов и мероприятия по их устранению

При выполнении монтажных и демонтажных работ обязательно соблюдение «Безопасность труда в строительстве» СНиП 12-04-2002.

Движущиеся машины и механизмы

При выполнении монтажно-демонтажных работ возможны различные механические травмы – удары или ушибы движущимися (подающимися) 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 на переносных средствах 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.

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

Острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности инструментов и труб

При неосторожном и невнимательном обращении с инструментом или трубами можно нанести серьезную травму, вплоть до глубоких порезов, которые могут стать причиной заражения крови.

Каждый член буровой бригады должен быть снабжен обязательными средствами индивидуальной защиты (табл. 3.2).

Таблица 3.2 – Обязательные средства индивидуальной защиты для бригады в составе 4 человек

№	Средства защиты	Количество
1	Каски	4 шт.
2	Предохранительные пояса	3 шт.
3	Кирзовые сапоги	4 пары
4	Резиновые сапоги	4 пары
5	Рукавицы брезентовые	4 пары
6	Костюм х/б	4 шт.
7	Защитные очки	4 шт.
8	Респиратор	4 шт.
9	Антивибрационный коврик	3 шт.
10	Медицинская аптечка	4 шт.

Существуют следующие мероприятия по предотвращению производственного травматизма:

- снабжение персонала исправным инструментом, спецодеждой и спецобувью;

- обеспечение всего комплекса профилактических мер, требуемых правилами безопасности (проведение всех видов обучения, инструктаж по охране труда);
- оформление плакатов, предупреждающих надписей, а также других средств агитации по промышленной безопасности и охране труда;
- использование на всех необходимых видах работ средств индивидуальной защиты.

Поражение электрическим током

Большую опасность на участке геологоразведочных работ представляют поражения электрическим током. Для исключения поражения персонала током необходимо соблюдать некоторые правила:

- все оголенные провода, токоведущие части должны изолироваться в шкафах, либо быть поднятыми на высоту;
- использовать устройства заземления и зануления;
- использовать коллективные и индивидуальные средства защиты от электрического тока
- применение малого напряжения питания согласно ССБТ ГОСТ 12.1.009-76;

В качестве защиты от поражения током используется система заземления, представляющая собой контур шнуровых заземлений. При этом общее сопротивление заземление не превышает 4 Ом.

3.2.2. Анализ вредных факторов и мероприятия по их устранению

Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе

Буровые работы связаны с постоянной работой на открытом воздухе. Для защиты персонала от погодных явлений буровая установка должна быть оснащена подсобными помещениями. В рабочей зоне буровой установки должны быть обеспечены комфортные условия труда для рабочих. Рабочие должны быть обеспечены теплой спецодеждой и обувью.

Различают теплый и холодный период года. Теплый период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха + 10 °С и выше, холодный – ниже + 10 °С.

Оптимальные микроклиматические условия – это такое сочетание параметров микроклимата, которое при длительном воздействии на человека обеспечивает ощущение теплового комфорта и создает предпосылки для высокой работоспособности.

Допустимые микроклиматические условия – это такое сочетание параметров микроклимата, которые при длительном воздействии на человека не могут вызвать дискомфортные теплоощущения и понижения работоспособности.

Нормы температуры и влажности в рабочей зоне приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Легкая (менее 175 Вт)	19...21	60...40	0,1
	Тяжелая (более 290 Вт)	16...18	60...40	0,3
Теплый	Легкая (менее 175 Вт)	20...22	60...40	0,1
	Тяжелая (более 290 Вт)	18...20	60...40	0,3

Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте

Для выполнения буровых работ характерно использование машин и механизмов, работа которых вызывает повышенный уровень шума и вибрации, которые оказывают вредное воздействие на человека.

Мероприятия по устранению вибрации:

- балансировка, установка амортизаторов;
- проведение планово-предупредительных ремонтов, увеличение массы основания вибрирующих устройств, крепление вибрационных систем;

- применение средств индивидуальной защиты (виброобувь, виброрукавицы, виброгасящие коврики).

Вибрация должна отвечать требованиям ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования».

Длительное воздействие шума на организм человека вызывает такие негативные последствия, как нарушение деятельности нервной, сердечно-сосудистой и пищеварительной систем; нарушение слуха, а также переутомление.

Для снижения уровня шума необходимо использовать средства индивидуальной защиты (наушники, вкладыши). Так же осуществляются мероприятия по борьбе с шумом:

- 1) устранение своевременно обнаруженных дефектов в элементах оборудования, ведущих к появлению шума;
- 2) установка антишумовых кожухов и экранов;
- 3) периодический замер уровень шума (согласно СанПин 2.2.2.3359-16, на буровой уровень шума не должен превышать 80 дБа).

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/м³) и пыль нетоксичная (среднесуточная ПДК = 0,15 мг/м³).

Недостаточная освещенность рабочей зоны

В действующих нормах по проектированию искусственного освещения минимальную освещенность на рабочих местах устанавливают с учетом размеров объектов размещения, разряда работы, контраста объекта различия с фоном и светлоты фона. Исходя из СНиП 23-05-95 работа персонала, относящаяся к 2-3 разряду, имеет освещенность не менее 200-300 лк. В остальных местах буровой установки работа относится к 4-5 разряду с освещенностью 50...80 лк. Недостаток освещенности на рабочем месте значительно затрудняет деятельность персонала, ухудшает их ориентировку в пространстве, а также снижает производительность и качество труда, приводя к авариям и получению травм.

Таблица 3.4 – Нормы освещенности

Рабочие места, подлежащие освещению	Разряд зрительной работы	Рекомендуемая освещенность, лк
Буровой стол	II	200
Щит КИП	I	220
Полати верхового рабочего	II	150
Путь талевого блока	IV	80
Кронблок	IV	80
Буровое помещение	II	200
Глиномешалки	III	200
Площадка горюче-смазочных материалов и инструментов	V	50

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.

3.3. 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.

3.3.1. Анализ влияния геологоразведочных работ на окружающую среду и обоснование мероприятий по их устранению

Буровое оборудование и транспортная техника оборудованы дизельными двигателями, вследствие чего в атмосферу происходит выброс следующих загрязняющих веществ:

- оксиды углерода;
- углеводороды;
- диоксид азота;
- сажа;
- сернистый ангидрид;
- бензапирен.

Для защиты и восстановления земельных участков предусмотрены подготовленные до процесса бурения и осуществляемые в процессе природоохранные мероприятия (табл. 3.5).

Таблица 3.5 – Вредные воздействия на недра и окружающую среду, а также природоохранные мероприятия при геологоразведочных работах

Природные ресурсы, компоненты окружающей среды	Вредные воздействия	Мероприятия по охране
1	2	3
Земля и земельные ресурсы	Загрязнение почвы нефтепродуктами, химреагентами и др.	Сооружение поддонов, отсыпка площадок для стоянки техники и т.д. Вывоз, уничтожение и захоронение остатков нефтепродуктов, химреагентов, мусора, загрязнённой земли и др.
	Засорение почвы производственными отходами и мусором	Вывоз и захоронение производственных отходов
Вода и водные ресурсы	Загрязнение производственными сточными водами и мусором (буровым раствором, нефтепродуктами, минерализованными водами, рассолами и др.)	Отвод, складирование и обезвреживание сточных вод, уничтожение мусора
Недра	Нарушение естественных свойств геологической среды	Гидрогеологические, гидрохимические и инженерно-геологические наблюдения в скважинах и выработках
Воздушный бассейн	Выбросы пыли и токсичных газов из подземных выработок	Мероприятия предусматриваются в случаях непосредственного вредного воздействия
Животный мир	Распугивание, нарушение мест обитания животных, рыб и других представителей животного мира; случайное уничтожение	Планирование работ с учетом охраны животного мира

3.3.2. Намечаемое направление рекультивации нарушенных горными работами земель

Рекультивацию земельных участков предполагается выполнять в соответствии с «Основными положениями о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы», утвержденными приказом Минприроды России и Роскомзема от 22.12.1985. № 525/67 (зарегистрированы Минюстом 29.07.96 № 1136), с учетом региональных природно-климатических условий и месторасположения нарушенного участка, на основании действующих экологических, санитарно-гигиенических, строительных, водохозяйственных и лесохозяйственных нормативов и стандартов.

В процессе геологоразведочных работ на участках выхода рудных тел на поверхность и прилегающих территориях рельеф нарушен канавами, траншеями, в результате чего на большей части собственно месторождения ликвидирована очаговая аборигенная растительность. В целом, земли, занятые под геологоразведочные работы, по своим физико-механическим свойствам малопригодны для использования при рекультивации.

Почвенно-климатические условия региона неблагоприятны для сельскохозяйственного направления рекультивации. Снятие почвенно-растительного слоя малой толщины возможно только на отдельных отчуждаемых площадях в долинных участках. Сопочные участки не имеют собственно плодородного слоя. В связи с этим специальных мероприятий (кроме выравнивания поверхности бульдозерами) в проекте не предусматривается.

Отсутствует рекреационное направление рекультивации, поскольку вблизи месторождений отсутствуют крупные населенные пункты и промышленные предприятия.

На тех участках, где нанесение плодородного слоя почвы невозможно из-за дефицита почв, земли оставляются под естественное природовосстановление (самозарастание)

3.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайных ситуаций по сфере возникновения классифицируются на пять основных групп:

- техногенного характера (аварии, пожары, взрывы);
- природного характера (землетрясения, сели, оползни, обвалы, ураган, ливень, град, сильный снегопад, мороз, засуха);
- биологического характера (инфекционные заболевания людей);
- социального характера (войны, региональные конфликты, забастовки и др.)
- экологического характера (загрязнение окружающей среды).

При проведении проектируемых геологоразведочных работ наиболее типичными являются чрезвычайные ситуации техногенного характера (аварии, пожары, взрывы), а именно пожары.

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага.

Основными причинами пожара является:

- неосторожное обращение с открытым огнем (курение, костры, сварка, искры), электрооборудованием;
- халатность персонала;
- разряды статического электричества и удар молнии.

Основные меры устранения причин пожара: соблюдение правил пожарной безопасности и инструкций по эксплуатации технических средств.

Так как буровая установка имеет привод от ДВС или электродвигателя, то под двигателем должен быть установлен металлический противень для сбора стекающего масла. Заправка работающего двигателя горючими и смазочными материалами, а также использование для освещения при заправке и определении уровней ГСМ в баках открытого огня строго запрещается.

Противопожарный щит должен быть установлен в 8–10 метрах от рабочего места бурильщика, а также все места расположения противопожарного инвентаря должны быть свободны, в ночное время освещены, а в зимнее время

расчищены. Перечень противопожарного инвентаря на буровой приведен в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Противопожарный инвентарь

№ п/п	Наименование инвентаря	Количество
1	Огнетушители пенные ОП-5	2 шт.
2	Огнетушители углекислотные ОУ-2	2 шт.
3	Ящик с песком емкостью 0,5 м ³	1 шт.
4	Емкость с водой 250 л	1 шт.
5	Комплект шанцевого инструмента: • лопата • багры • лом • топор	2 шт. 2 шт. 2 шт. 2 шт.
6	Противопожарные ведра	2 шт.
7	Противопожарный щит	1 шт.

Требования пожарной безопасности должны полностью соответствовать нормативным документам ГОСТ 12.1.044-89 [18], ГОСТ 12.1.010-76 [19].

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 от масляных, легковоспламеняющихся материалов.
- резервуары с горючим необходимо хранить на специальных площадках, на расстоянии не ближе 50 м от буровой установки.

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.

Таблица 3.7 – Сроки проверки параметров ОТВ и перезарядки огнетушителей

Вид используемого ОТВ	Срок (не реже)	
	проверки параметров ОТВ	перезарядки ОТ
Пена	Раз в год	Раз в год
Порошок	Раз в год (выборочно)	Раз в пять лет
Углекислота (диоксид углерода)	Взвешиванием раз в год	Раз в пять лет

Все лица, вновь принимаемые на работу, в том числе и временную, должны проходить первичный противопожарный инструктаж.

Заключение

В ходе выполнения данного раздела были проанализированы возможные вредные и опасные производственные факторы, которым подвергается буровая бригада при сооружении геологоразведочных скважин на рудопроявлении «Красное», а также были рассмотрены возможные ЧС и правовые нормы трудового законодательства. В результате чего были приведены рекомендованные мероприятия в соответствии с ГОСТами для соблюдения всех мер безопасности и условий труда буровой бригады.

4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ И ПОДСОБНЫЕ ЦЕХА

4.1. Организация ремонтной службы

Транспортная база ОАО «Прикладная геология» располагается в поселке Солонцы (Красноярский край), где находятся: механическая мастерская с необходимым количеством металлообрабатывающих станков, сварочный цех. Поэтому, нарезка труб, штанг, изготовление инструмента, различные ремонтные работы будут проводиться силами механической службы предприятия.

Профилактические работы бурового оборудования производится непосредственно на буровых, силами буровой бригады, согласно графику планово-предупредительного ремонта (ППР).

Основанием на ремонт является дефектная ведомость, которая составляется после бурения. Ведомость составляется старшим механиком по эксплуатации оборудования в присутствии бурового мастера.

Планирование работ по планово-предупредительному ремонту осуществляется в соответствии с нормативами. Годовой график планово-предупредительного ремонта составляется главным механиком совместно с начальниками производственных участков и буровыми мастерами. При составлении графиков учитывают техническое состояние оборудования, длительность его эксплуатации, выполнение предыдущих ремонтов, технологическую связь с другими звеньями производства. Проект годового графика планово-предупредительного ремонта утверждает главный инженер.

На базах осуществляется проверка качества бурильных и обсадных труб, их сортировка, и ремонт. Также на базе производится изготовление переводников. Помимо всего прочего базы занимаются доставкой труб на участок и вывозом с «буровой» изношенного оборудования и труб.

4.2. Организация электроснабжения

Энергоснабжение участка работ, будет осуществляться при помощи дизельных электростанций. Этот способ является самым удобным и

целесообразным с экономической точки зрения, т.к. подключение к сетям ЛЭП невозможно из-за их отсутствия вблизи участка проведения работ. Снабжение дизелей топливом будет осуществляться ежедневно с ёмкости объёмом 5000 литров, с периодичностью раз в неделю заправка ёмкости будет производиться путём завоза дизтоплива на буровую специализированным автомобилем ГАЗ.

4.3. Организация водоснабжения и приготовления буровых растворов

При бурении скважин в качестве промывочной жидкости будет использоваться эмульсионный раствор на основе технической воды.

Для водоснабжения базы и буровой установки используется «водовозка» на базе автомобиля «Урал». На буровую вода завозится несколько раз в сутки и сливается в специальную ёмкость – зумпф, который располагается около буровой.

Для приготовления бурового раствора буровая установка оснащена ёмкостью с гидравлической мешалкой, имеющую широкую горловину на дне с пробкой для слива раствора в зумпф. В него сливается готовый раствор из миксера и оттуда же закачивается раствор в скважину.

4.4. Транспортный цех

Хорошая организация транспорта геологической партии является одним из важнейших условий, обеспечивающих успешность её работы. Транспорт партии должен обеспечивать:

- перевозку различных грузов от баз снабжения и складов поставщиков до складов партии и обратно (внешний транспорт);
- перевозку рабочих и ИТР, а также оборудования, инструментов, материалов от базы партии до участка работ и обратно;
- доставку промывочной жидкости к буровым, проб и образцов в лабораторию и других нужд (внутренний транспорт).

Для организации работ на участке используется следующее транспортное оборудование:

1. Вахтовый транспорт(УРАЛ) – для доставки персонала от базы партии до участка работ и обратно;
2. Грузовой транспорт (УРАЛ) – транспортировка необходимых грузов с базы;
3. Служебный транспорт (УАЗ, УРАЛ) – для доставки смен к месту буровых работ, для привоза работников геологических и других служб;
4. Бульдозер ЧЕТРА – используется для планирования площадок под буровые установки и для передвижения бурового оборудования;
5. Водовозный транспорт (УРАЛ) – для доставки воды на буровую.

4.5 Диспетчерская служба

В целях повышения качества управления организуются диспетчерская служба. Основная задача диспетчерской службы – обеспечение ритмичности работы всех подразделений с учётом сложившейся обстановки.

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.

Связь с базой будет осуществляться при помощи спутниковой связи, и производиться буровым мастером каждое утро. Мастером будет передаваться

краткий отчёт о проделанной работе за сутки, а также запрос на требуемое оборудование.

4.6 Служба КИП и средства автоматики

Проектом предусматривается работа КИА в процессе сооружения скважин. С помощью специальной аппаратуры на буровой можно убрать недостатки, возникающие в процессе бурения и повысить эффективность работы буровой.

Контрольно-измерительная аппаратура должна работать в весьма широком диапазоне изменения температуры воздуха с повышенной влажностью, быть устойчивой к воздействию пыли, брызг, вибрации и ударов, а также колебаниям электрического напряжения.

В связи с удаленностью ведения буровых работ, нет возможности осуществлять каждодневный надзор за аппаратурой. Это вызывает необходимость в повышении требований к надежности приборов.

Всем этим вышеперечисленным требованиям соответствует КИП. Скважины будут буриться передвижной буровой установкой LF-70PQ.

5. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОТБОРА ОРИЕНТИРОВАННОГО КЕРНА СНАРЯДАМИ ССК С ЦЕЛЮ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ДЛЯ ДАННЫХ УСЛОВИЙ

Одним из следствий развития технологии направленного бурения явилось совершенствование методики производства геологоразведочных работ средствами бурения путем получения образцов керна, ориентированных в пространстве по своему естественному положению в массиве. Такую технологию называют «кернометрия».

Задачей кернометрических исследований является определение параметров залегания (азимута и угла падения) структурных элементов геологического объекта (слоистости, трещиноватости, сланцеватости и др.) по ориентированному керну.

Ориентированным называют керн, на поверхности которого зафиксировано положение относительной условной или географической системы координат (рис. 5.1)

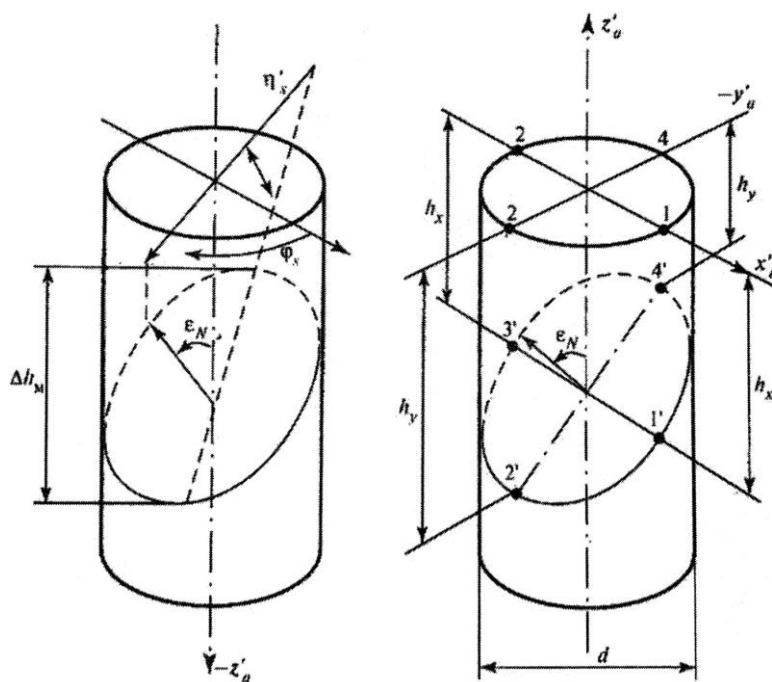


Рисунок 5.1 – Ориентированный керн и его элементы

На практике чаще всего производят косвенную ориентацию керна, выполняемую в системе координат, основу которой составляет апсидальная плоскость – вертикальная плоскость, касательная к траектории скважины в точке отбора ориентированного керна. Ориентация достигается за счет того, что апсидальная плоскость имеет азимут скважины в точке отбора керна, который фиксируется при инклинометрии. Ориентация керна в этом случае заключается в определении и фиксации нижнего и верхнего следов апсидальной плоскости и соответствующей разметке керна.

При разметке ориентированного керна выделяют структурный элемент (структурный эллипс), нижний и верхний следы апсидальной плоскости (лежащий и висячий бока скважины). Затем производят замер длин образующих цилиндрических поверхностей керна между поперечными сечениями его в нижней и верхней точке структурного эллипса, измерение через 90° от верхнего следа апсидальной плоскости: $h_0, h_{90}, h_{180}, h_{270}$ (рис. 5.1).

При обмере ориентированного керна измеряют следующие параметры:

- апсидальный угол слоистости φ_s – угол, отсчитываемый в плоскости поперечного сечения керна по ходу часовой стрелки от верхнего следа апсидальной плоскости до нижней точки структурного эллипса;
- видимый угол падения η'_s – угол между большей осью структурного эллипса и ее проекцией на плоскость поперечного сечения керна. Он может быть выражен через расстояние между нижней и верхней точками структурного эллипса по оси керна Δh_m и диаметр керна d .

$$\eta'_s = \arctg \frac{\Delta h_m}{d}. \quad (5.1)$$

Целью кернометрических измерений является определение двух угловых величин:

- азимута падения структурной плоскости α_s – угла, отсчитываемого в горизонтальной плоскости от северного направления по ходу часовой стрелки до горизонтального положения линии наибольшего ската структурной плоскости;

- истинного угла падения структурной плоскости η_s – угла наклона линии падения к горизонтальной плоскости.

Кроме того, для выполнения расчетов необходимо знать азимут скважины в точке отбора α_A и зенитный угол скважины θ_A .

Определение истинных параметров залегания структурной плоскости производят различными методами. Наиболее точен аналитический метод, в основе которого лежит расчет по следующим формулам:

$$\alpha_s = \alpha_A + \Delta\alpha_s, \quad (5.2)$$

$$\Delta\alpha_s = \arctg \frac{\sin \varphi_s}{\cos \varphi_s * \cos \theta_s - \frac{\alpha}{\Delta h_M}}, \quad (5.3)$$

$$\Delta\alpha_s = \arccos \frac{d}{\cos \varphi_s * \cos \theta_s - \frac{\alpha}{\Delta h_M}}, \quad (5.4)$$

Для получения ориентированного керна в процессе бурения применяют различные способы и технические средства [20].

5.1. Классификация приборов для получения ориентированного керна

В общем случае устройства для ориентирования керна состоят из двух взаимосвязанных узлов: узла для нанесения метки на керн и узла ориентирования, с помощью которого фиксируют пространственное положение метки.

Для анализа большого числа разнообразных технических средств и способов кернометрии требуется их классификация. Наиболее известна классификация М.И. Казанцева, которая представлена в таблице 5.1. В данной таблице в качестве основного признака взят способ нанесения меток, выделены способы спуска прибора, ориентирования меток или отметчиков, а также фиксации положения ориентирующих элементов [21].

Таблица 5.1 – Классификация приборов для получения ориентированного керна (по М.И. Казанцеву)

Способ			Фиксация положения ориентирующих элементов	Прибор (способ получения)
нанесения меток	спуска прибора	ориентирования меток		
1	2	3	4	5
На забое скважины	Отдельно от бурового снаряда	Относительно апсидальной плоскости	Механическая с помощью барабана-отвеса	Керноскоп К-5 и Алтай-57
			Химическая	Керноскоп Уральского ГУ и КТ-3
			Электрическая (с помощью инклинометров)	Способ В.С. Арбита, Б.И. Спиридонова, С.С. Сулакшина, стратиметр РД-75
		Относительно стран света	С помощью фотоустройства	Прибор Хемфрейса
На боковой поверхности керна	В составе бурового снаряда	Относительно стран света	Электрическая (с помощью фотоэлемента)	Прибор для ориентирования керна (США)
		Относительно апсидальной плоскости	Химическая	Прибор «Индо-Бирман ойл компани»
			Механическая	Устройства для ориентированного подъема керна из буровых скважин КЦ-1
			С помощью фотоустройства в процессе бурения	Острада (ЧССР)
		Относительно стран света	Механическая	Приборы Ханна, Астра-Романа, Галла и Армерута;

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5
		Относительно стран света	С помощью фотоустройства, опускаемого через трубы на тросе	Прибор Мак-Риди
	Отдельно от бурового снаряда		Механическая	Прибор Термана, прибор Оджерса для немагнитных сред (США)
		Относительно апсидальной плоскости	Химическая	Прибор А.Н. Шаньгина (СССР)
		Относительно стран света	Механическая (на ориентированных штангах)	-

5.2. Классификация ориентаторов и способов ориентирования в кернометрии

Ориентаторы и способы ориентирования, применяемые в кернометрии, можно разделить на предназначенные для прямого, косвенного и комбинированного ориентирования.

Первые служат для определения пространственного положения нанесенной на керн метки относительно направления на магнитный или географический полюс, а также любого направления, положение которого по отношению к направлению на полюс известно.

Вторая группа устройств служит для определения углового положения метки относительно апсидальной плоскости в наклонных скважинах. Для определения положения метки и структурных элементов в пространстве дополнительно нужны данные инклинометрии.

Третья включает устройства, которые имеют датчики апсидальной плоскости, азимута и угла наклона скважины. Классификация способов ориентирования в кернометрии представлена в таблице 5.2 [21].

Таблица 5.2 – Классификация ориентаторов и способов ориентирования в кернометрии

Способ ориентирования	Базовое направление или плоскость	Техническое устройство, или принцип ориентирования
Прямой	Направление на магнитный полюс Земли	Магнитная система (инклинометр): установленная в керноскопе, спускаемая внутрь бурового инструмента или в скважину на забой
	Направление на географический полюс Земли	Гироскопическая система (инклинометр): установленная в керноскопе, спускаемая внутрь бурового инструмента
	Любое известное направление на поверхности Земли	Ориентированный спуск или подъем бурового инструмента
Косвенный	Апсидальная плоскость	Уровень жидкости; шарик на поверхности, перпендикулярной к оси прибора, круглый жидкостный уровень; цилиндрический или стержневой отвес; самоориентирование колонков под действием собственного веса или в искривленной скважине; самоориентирование средства ориентирования керна под действием собственного веса
Комбинированный	Направление на магнитный полюс и апсидальную плоскость	Инклинометры, снабженные указателями апсидальной плоскости

Прямой способ ориентирования

Магнитный компас в качестве ориентирующего устройства может быть встроенным в керноскоп или быть автономным, опускаемым к керноскопу в момент ориентирования через колонну труб.

В первом случае (рис. 5.2, а) начало отсчета (нуль лимба) 3 располагают на одной образующей с маркирующим узлом 1. Шкала 6 компаса располагается против часовой стрелки. Стрелка 4 компаса, подвешенного на осях 5 в корпусе 2, показывает азимут метки.

Во втором случае (рис. 5.2, б) компасный узел 5 снабжают специальным хвостовиком 6, сочленяющимся с ориентирующей пластиной 3 или стержнем, размещенным в корпусе 2 керноскопа на одной образующей с маркирующим узлом 1. В момент спуска хвостовик 6 сочленяется с пластиной 3 в положении, при котором последняя входит в ориентирующий паз 4. Нуль лимба компаса 5, который располагается на одной образующей с пазом 4, совпадает таким образом с расположением маркирующего узла 1.

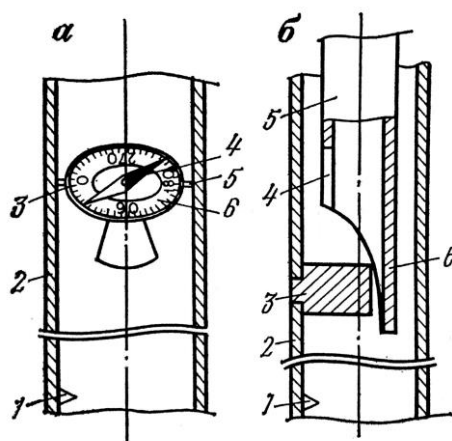


Рисунок 5.2 – Схема прямого ориентирования

Положение стрелки компаса может фиксироваться фотографированием, механическим стопорением, периодическим прижатием к электрическим датчикам с передачей показаний на поверхность, разовым или периодическим прижатием к специальному бланку с прокалыванием на нем меток или нанесением их другим способом.

Поскольку готовые узлы определения направления имеются в приборах-инклинометрах, последние без изменений или с минимальными изменениями применяют в кернометрии. Например, для использования инклинометра по схемам рисунка 5.2 достаточно закрепить рамку прибора в его корпусе так,

чтобы начало отсчета совпадало с плоскостью, в которой находится маркирующий узел.

В практике кернометрии в нашей стране средства прямого ориентирования используют редко. Это связано с отсутствием полностью пригодных для кернометрии готовых средств ориентирования, трудностями изготовления ориентирующих узлов силами геологоразведочных организаций, необходимостью применения немагнитных материалов и т. п.

Косвенный способ ориентирования

При косвенном ориентировании чаще всего применяют ориентаторы, встроенные в керноскоп или соединяемые с буровым снарядами. Могут быть использованы и любые штыревые ориентаторы, применяемые в направленном бурении, но они требуют дополнительного времени на спуск внутрь снаряда.

Среди средств и способов косвенного ориентирования выделяют три основных вида: использование в качестве фиксаторов положения апсидальной плоскости уровня жидкости, шарика, располагаемого на поверхности, перпендикулярной к оси прибора, и отвесов разных конструкций.

Известно применение плавиковой кислоты и медного купороса в качестве жидкостей, оставляющих след своего уровня соответственно на стенках стеклянного сосуда или стального очищенного стержня, в устройствах для определения зенитного угла скважин. Электролитический раствор медного купороса использовали в приборах для определения азимута по методу ориентированного спуска бурового снаряда. Положение апсидальной плоскости в этих устройствах (рис. 5.3, а) совпадает с плоскостью, проходящей через длинную ось эллипса 1 следа жидкости на измерительном стержне или сосуде и ось прибора. Если на стержне 2 имеется нулевая метка 3, расположенная по одной образующей с отметчиком 4 керноскопа, то можно измерить апсидальный угол керноскопа φ_k от нулевой отметки до верхней точки эллипса или угол $\varphi_{о.м}$ от нижней точки эллипса до нулевой отметки в зависимости от принятой в конкретном случае системы отсчета. В отличие от измерений зенитного угла для

апсидального угла не требуется вводить поправку на капиллярные свойства жидкостей, так как положение плоскости симметрии эллипса остается постоянным при изменении угла наклона стержня и его размеров.

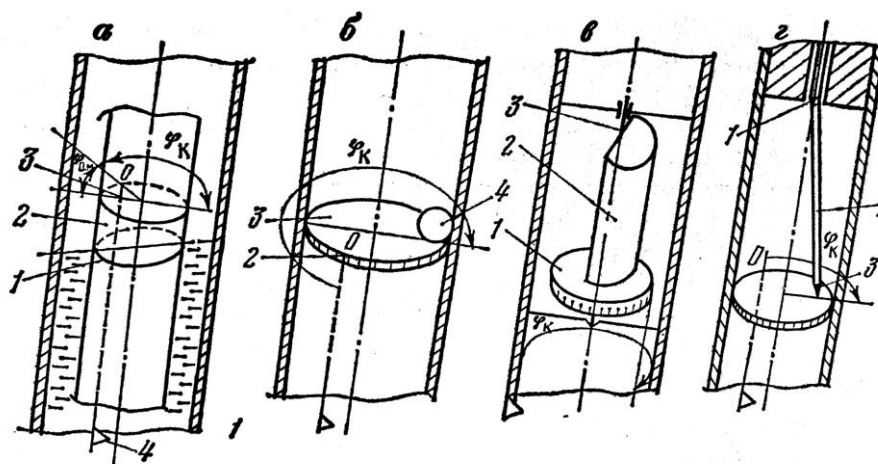


Рисунок 5.3 – Схема косвенного ориентирования

В отечественной практике применяют в основном устройства с медным купоросом, так как это более безопасно, технологические возможности таких устройств шире, а точность не хуже, чем при использовании плавиковой кислоты. Оригинальный способ применения уровня жидкости в кернометрии предложен В. М. Сорокоумовым и Д. М. Вашуком (1981 г.). Он заключается в том, что маркирующую жидкость специального состава с красителем заливают в нужный момент непосредственно в скважину, после чего должен остаться след уровня жидкости на колонковой трубе и керне. КERN сразу становится ориентированным.

Шариковые ориентаторы (рис. 5.3, б) представляют собой шар 4, расположенный на плоскости 3 или тороидной поверхности (в желобе), перпендикулярной к оси прибора. В наклонном положении шар скатывается в нижнюю точку. Плоскость, проходящая через шар и ось прибора, является апсидальной. Шар фиксируют при нанесении метки на керн, определяют апсидальный угол керноскопа φ_k по углу между шаром и нулевой меткой 2, соответствующей положению отметчика 1. В керноориентаторах для

ориентированного отрыва керна угол не измеряют, а переносят положение шарика на керн после его подъема.

В круглых жидкостных уровнях пузырек при наклоне смещается в апсидальной плоскости. Фиксирование возможно только фотографированием.

Цилиндрические отвесы (рис. 5.3, в) включают цилиндр 1 или сектор цилиндра с эксцентрично расположенным грузом 2. Цилиндр укреплен на одной или двух осях 3. В наклонном положении груз всегда располагается внизу, и центр его тяжести находится в апсидальной плоскости. В одноточечных механических системах цилиндр снабжают шкалой, по которой отсчитывают угол керноскопа непосредственно или с фотоснимка. В электрических системах, например, в ориентаторе «Курс», по окружности располагают реохорд, к которому прижимается щетка. Данные о величине апсидального угла получают на поверхности.

Стержневые отвесы (рис. 5.3, г) представляют собой стержень 2, верхний конец которого подвижно закреплен в подвеске 1, в результате чего стержень под действием силы тяжести занимает вертикальное положение или стремится его занять, располагаясь при этом в апсидальной плоскости. Нижний конец штыря снабжают отметчиком 3 или электроконтактом, что позволяет получить метку в апсидальной плоскости или сигнал о расположении в ней плоскости симметрии прибора [21].

5.3. Техническая характеристика и анализ керноскопов КС «Иркутскгеология», Ezy-Mark, Verti-ori.

Керноскоп КС «Иркутскгеология» (рис. 5.4) представляет собой съемную керноприемную трубу для комплексов ССК или КССК и включает колонковую трубу 1, корпус кернорвателя 2 с кернорвательным кольцом 3 и детали подшипникового узла 4 и 5. Дополнительно керноприемник оборудован жидкостным апсидоскопом 6 – ориентатором отбираемого керна, резцом 7 для нанесения метки на боковую поверхность керна и направляющей керн вставкой 8. Апсидоскоп 6 представляет собой герметичную емкость объемом 100 мл,

внутри которого размещен полированный металлический стержень. Внутри апсидоскопа перед спуском керноскопа в скважинку заливается раствор медного купороса.

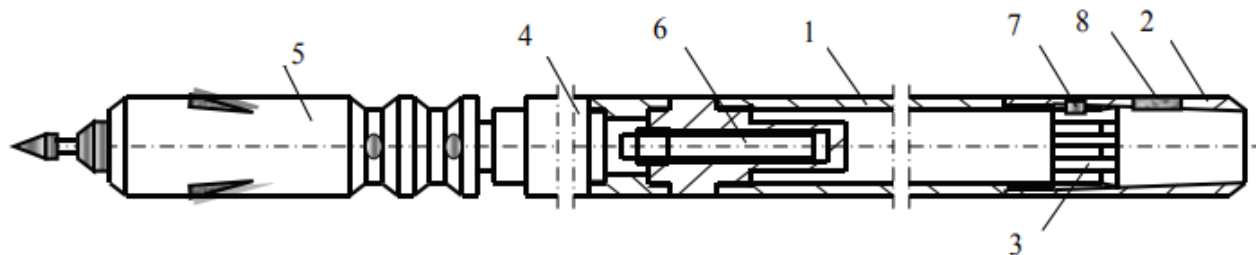


Рисунок 5.4 – Керноскоп КС «Иркутскгеология»

Керноскоп КС может применяться только в наклонных скважинах и работает следующим образом. Снарядом ССК или КССК, в котором отсутствует кернорвательное кольцо, выбурируется керн ограниченной длины (10...20 см). После этого керноприемная труба извлекается на поверхность, а на ее место спускается подготовленный для работы керноскоп КС. При посадке на выбуренный керн резцом 7, он наносит метку на боковую поверхность керна. После этого керноскоп оставляют в покое на 25...30 минут для того, чтобы образовался след залитой в емкость апсидоскопа 6 жидкости на поверхности стержня апсидоскопа 6. След образуется вследствие осаждения на поверхность стержня апсидоскопа 6 меди из раствора медного купороса – Cu_2SO_4 .

В наклонной скважине след поверхности жидкости на поверхности стержня апсидоскопа образует овал, через большую ось которого проходит апсидальная плоскость.

На схеме (рис. 5.5) определены основные параметры ориентированного керна, полученного керноскопом КС. Из схемы следует, что поскольку угол между направлением на север и апсидальной плоскостью – азимутальный угол скважины, то, полученная на керне метка с привязкой к апсидальной плоскости, дает возможность определить необходимые элементы залегания слоев породы, ориентировку элементов структуры и текстуры, трещин и т. д. по имеющимся значениям азимутального и зенитного углов. [22].

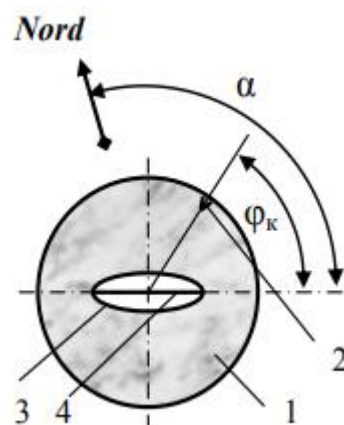


Рисунок 5.5 – Схема для определения апсидального угла керноскопа φ_k и его соотношение с азимутальным углом α :

1 – керн; 2 – метка; 3 – проекция следа уровня жидкости на стержне апсидоскопа на торцевую поверхность керна; 4 – направление апсидальной плоскости

Керноскоп Ezy-Mark компании *2iC* (Австралия) разработан для использования в комплексах ССК для отбора керна в скважинах с зенитными углами более 10° и представляет собой систему, оснащенную механической печатью (узел I на рисунок 5.6) в виде набора металлических стержней 2 и апсидоскопа (узел II на рисунок 5.6).

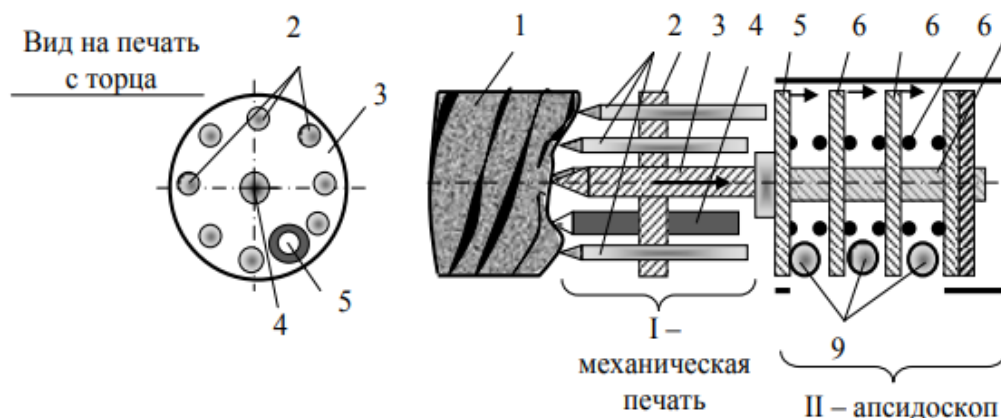


Рисунок 5.6 – Схема керноскопа Ezy-Mark:

1– керн; 2 – копиры-стержни механической печати; 3– диск печати; 4 – стержень; 5 – карандаш для нанесения метки; 6 – диски; 7 – пружина; 8 – ось; 9 – шарики апсидоскопа

Механическая печать устроена следующим образом. Копиры-стержни 2 способны продольно перемещаться и фиксироваться в отверстиях диска 4, копируя, таким образом, рельеф поверхности торца керна 1. В состав механической печати входит так же цветной карандаш 5, который оставляет цветную метку на поверхности керна 1, что способствует более точному определению положения керна 1, особенно в том случае, если плоскость скола керна 1 не является ярко характерной, например, плоской.

В керноскопе Ezy-Mark апсидоскоп выполнен в виде трех шариков 9, располагаемых между дисками 6. Шарики 7 свободно перемещаются, занимая положение апсидальной плоскости скважины. Это положение шариков 7 в момент отбора ориентированного керна фиксируется путем сжатия пружины 7, дисков 6 и, наконец, специальным фиксатором их закрепления в сжатом состоянии (на рис. 5.6 не показано). Положение шариков 7 определяют через отверстие в корпусе керноскопа.

Керноскоп Ezy-Mark работает следующим образом.

Керноскоп на керноприемнике спускают в скважину через бурильную колонну, которая находится в подвешенном состоянии на расстоянии 0,5 м над забоем.

После фиксации керноскопа внутри снаряда колонну опускают до контакта керноскопа с керном 1. Механическая печать упирается в керн 1 своими копиями-стержнями 2, которые фиксируют профиль торца керна 1. Карандаш 5 оставляет метку на поверхности керна 1. При дальнейшем плотном контакте керна 1 и механической печати, через стержень 4 продольное усилие передается на диски 6 апсидоскопа, которые перемещаясь, фиксируют положение шариков 9, определяя, таким образом, положение апсидальной плоскости скважины и керна 1.

После получения профиля керна 1 механической печатью и фиксации шариков 7 керноскоп Ezy-Mark лебедкой ССК поднимают на поверхность и

спускают обычную керноприемную трубу, с помощью которой срывают и поднимают на поверхность керн 1.

После подъема керна определяют параметры керноскопа – положение апсидальной плоскости и метки, угол керноскопа. С этой целью керн и керноскоп помещают в специальную трубу 4 (рисунок 5.7), в которой совмещают механическую печать 2 и керн 1. Через отверстие в корпусе керноскопа и в специальной трубе определяют положение апсидальной плоскости по положению трех шариков апсидоскопа 3, которые должны быть зафиксированы строго в ряд. Полученные параметры позволяют определить элементы залегания горных пород [22].



Рисунок 5.7 – Керноскоп Ezy-Mark в момент определения параметров керноскопа: 1 – керн; 2 – механическая печать; 3 – шариковый апсидоскоп; 4 – корпус для фиксации керна и керноскопа при определении параметров после подъема керна из скважины

Керноскоп Verti-ori компании 2iC (Австралия) предназначен для взятия ориентированного керна при использовании снаряда со съемным керноприёмником NQ, при зенитных углах менее 10°. Данный керноскоп (рис. 5.8) так же имеет механическую печать для определения положения керна, по конструкции аналогичную печати керноскопа Ezy-Mark, но используется несколько иная компоновка узлов. Керноскоп Verti-ori сочетает в себе механическую печать и средство многократного измерения зенитного и азимутального углов. В результате он позволяет получать ориентированный керн, в том числе, и в вертикальной скважине.

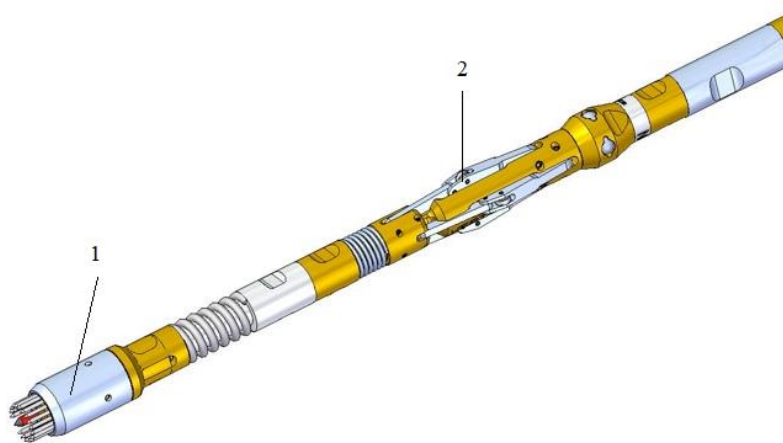


Рисунок 5.8 – Керноскоп Verti-ori: 1 – механическая печать; 2 – центраторы

Керноскоп Verti-ori работает в открытом стволе скважины и за счет системы самонастраивающихся центраторов может применяться в скважинах различного диаметра. Для получения ориентированного керна снаряд с извлеченной керноприемной трубой поднимают над забоем на расстояние не менее 6 и не более 6,5 м. Керноскоп опускают в скважину через колонну бурильных труб и до контакта печати керноскопа с керном (рис. 5.9). После этого снимают показания и поднимают керноскоп. После подъема керна производят определение параметров залегания горных пород по имеющейся копии торца керна и находят значения зенитного и азимутального углов [3].

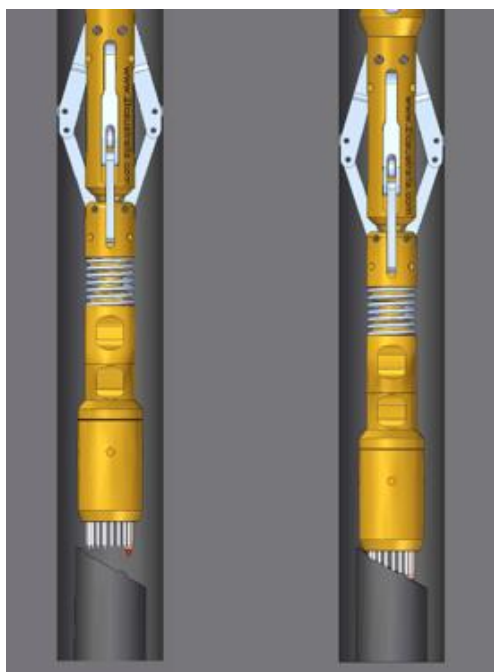


Рисунок 5.9 – Нанесение метки в виде печати керноскопом Verti-ori

5.4 Сравнительные испытания керноскопов и выбор оптимального варианта

Испытания керноскопов КС «Иркутскгеология», Ezy-Mark и Verti-ori были проведены при колонковом бурении снарядом ССК-NQ компании Voart Longyear на Васильевском месторождении (Красноярский край). Бурение четырёх скважин средней глубиной 400 м осуществлено ООО «Прикладная геология» (г. Красноярск).

По требованию геологической службы необходимо было одну треть общего метража (400 м) пробурить с отбором керна, ориентированного в апсидальной плоскости. Затем по данным инклинометрии устанавливалось истинное положение текстурных и структурных элементов в ориентированном керне, которые в этом случае соответствуют таковым в окружающую скважину горном массиве.

Буримые породы были представлены породами VIII–X категории. Трещиноватость пород от монолитных и слаботрещиноватых до трещиноватых пород. Скважины бурились наклонно с начальным зенитным углом 5–35°.

Бурение осуществлялось буровыми установками УКБ-5СТ-Э и Christensen CS14. Диаметр бурения составлял 75,3 мм, диаметр выбуриваемого керна – 47,6 мм.

На первом этапе работы подъем ориентированного керна осуществлялся снарядом КС «Иркутскгеология».

Керноскоп Verti-ori:

- к достоинствам прибора следует отнести простоту конструкции и эксплуатации, оперативность и точность определения следа апсидальной плоскости на керне;

- основным недостатком данного керноскопа является то, что он предназначен для отбора ориентированного керна при зенитных углах менее 10°.

– невозможно получить след апсидальной плоскости на керне, если его верхний торец плоский и перпендикулярен к оси скважины; следует отметить, что такая ситуация возникает редко;

– в сильнотрещиноватых породах трудности возникают при стыковке кусков керна между собой, так как след апсидальной плоскости отмечается лишь на верхнем от забоя столбике керна.

Керноскоп Ezy-Mark:

– к достоинствам прибора следует отнести простоту конструкции и эксплуатации, оперативность и точность определения следа апсидальной плоскости на керне, а также то что он предназначен для отбора ориентированного керна при зенитных углах более 10° ;

– основным недостатком данного керноскопа является отсутствие возможности применения съемных стержневых блоков повторно, что является экономически не выгодным;

– невозможно получить след апсидальной плоскости на керне, если его верхний торец плоский и перпендикулярен к оси скважины;

– в сильнотрещиноватых породах трудности возникают при стыковке кусков керна между собой, так как след апсидальной плоскости отмечается лишь на верхнем от забоя столбике керна.

Таким образом, по полученному следу апсидальной плоскости на керне с помощью обоих керноскопов и данным инклинометрии (изменение азимутального угла трассы скважины с глубиной) можно получить ценную геологическую информацию о истинном положении керна в опробуемом горном массиве (пространственное расположениеслоев, естественная трещиноватость, тектонические нарушения и т.д.). По результатам испытаний были сделаны следующие выводы:

1. Для повышения оперативности и расширения области применения, указанных керноскопов следует усовершенствовать их конструкцию с целью получения следа апсидальной плоскости в случае, когда торец керна плоский и перпендикулярен к оси скважины.

2. Применение керноскопа Verti-ori экономически более выгодно, чем применение керноскопа Ezy-Mark, т.к. один стержневой блок возможно применять неоднократно.

3. Отбор ориентированного керна при применении керноскопа Verti-ori возможно лишь при зенитных углах менее 10° , в отличие от керноскопа Ezy-Mark, который рассчитан для отбора керна в скважинах с зенитными углами более 10° [1].

Поскольку средний зенитный угол скважины составляет $20,5^\circ$, то оптимальным вариантом для данных условий является керноскоп Ezy-Mark компании 2iC.

6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Обеспечение высокого качества кадрового потенциала является решающим фактором эффективности производства и конкурентоспособности продукции. Руководители понимают, что без хорошо подготовленного персонала высокой эффективности производства практически невозможно, даже при наличии новейших технологий и благоприятных внешних условий труда. Без квалификационных кадров ни одна организация не сможет достигнуть своих стратегических целей.

6.1. Организационно-экономическая характеристика предприятия

ООО «Прикладная геология» начинала свою деятельность как организация, консультирующая недропользователей при оформлении лицензий и обеспечивающая их геолого-разведочным оборудованием и буровой техникой. С 1999 г. ООО «Прикладная геология» проводит геологоразведочные работы по лицензиям комитета природных ресурсов по Красноярскому краю на бурение поисковых, разведочных и картировочных скважин на твердые полезные ископаемые, а также скважин для водоснабжения предприятий.

В составе ООО «Прикладная геология» имеются квалифицированные специалисты – геологи, гидрогеологи и буровики с высшим и среднетехническим образованием, имеющие опыт работы на всей территории края.

ООО «Прикладная геология» располагает необходимыми для работы геологическими материалами и имеет доступ к материалам, находящимся в геологических фондах.

На вооружении у ООО «Прикладная геология» в настоящее время имеется необходимый для организации и ведения работ оргтехника, парк бурового, силового и прочего оборудования, гусеничного и автомобильного

транспорта. Всё оборудование находится либо на участках работ, либо на базе ООО «Прикладная геология» в п. Солонцы.

6.2. Технико-экономическое обоснование выполнения проектируемых работ

6.2.1. Технический план

В таблице 6.1 приведены виды и объемы работ, предусмотренных проектом.

Таблица 6.1 – Виды и объемы проектируемых работ

№ п/п	Наименование работ	Единица измерения	Объем
1	2	3	4
1	<i>1. Подготовительный период и проектирование</i>		
2	<i>1.1. Сбор фондовых, архивных и опубликованных материалов по району исследований</i>		
3	Сбор информации посредством выписки текста	100 стр.	28
4	То же, посредством выписки таблиц	100 стр.	7
5	То же, посредством выборки чертежей для сканирования	100 черт.	1,5
6	<i>1.2. Составление предварительных графических материалов</i>		
7	Составление схемы топографической изученности района работ, масштаб 1:2000	чертеж	1
8	Составление текстовой части проекта на геологические работы	проект	2
9	<i>2. Полевые работы</i>		
10	<i>2.1. Буровые работы</i>		
11	Бурение передвижной буровой установкой LF-70PQ с применением ССК-NQ	п. м	15558
12	<i>2.2. Опробование</i>		
13	Отбор керновых проб из керна скважин	п. м	12103
14	<i>2.3. Геофизические исследования</i>		
15	Геофизические исследования в скважинах (ГК, КС, МСК, МЭП, инклинометрия)	п. м	10668

6.2.2. Расчет затрат времени

Затраты на создание проектно-сметной документации по объекту определяются по ССН-93, вып. 6, табл.2, гр.4 (количество видов проектируемых работ более 5 - маршруты, горные работы, бурение, ГИС, топоработы, опробование, лабораторные и технологические исследования, составление ТЭО кондиций и т.д.) и составляют 6,85 чел-мес или 173,99 чел-дн. В установленном порядке проектно-сметная документация проходит геолого-экономическую экспертизу.

Разведочные работы на рудное золото проводятся в течение 11,5 месяцев с применением следующих видов работ:

- поисковые маршруты;
- горные работы;
- буровые работы;
- гидрогеологические, инженерно-геологические исследования;
- геофизические исследования в скважинах;
- топографо-геодезические работы;
- опробовательские работы.

Буровые работы

Расчет затрат времени на бурение скважин буровой установкой LF-70PQ рассчитывается с использованием методических указаний по организации, планированию и управлению буровыми работами.

Объем бурения – 15558 пог. м, количество скважин – 60.

Таблица 6.2 – Расчет затрат времени на колонковое бурение наклонных (угол 70°) скважин передвижной буровой установкой

№ п/п	Категория по буримости	Диаметр скважины, мм	Объем бурения, м	Норма времени на метр, ст-см	№ нормы (№ табл.)	Коэффициент *	Итого затрат времени на объем, ст-см.
60 скважин							
1	II	95,6	240	0,04	ССН 93, т.5	1,1	10,5
2	V	95,6	360	0,09	ССН 93, т.5	1,1	35,6
3	VII	75,3	10866	0,11	ССН 93, т.5	1,1	1314,8
4	X	75,3	4092	0,22	ССН 93, т.5	1,1	990,3
Итого:						Σ=2351,2 ст-см.	
* Для всех скважин применяется коэффициент:							
• коэффициент, учитывающий бурение наклонных скважин – 1,1.							

6.2.3 Расчет затрат труда и квалификационный состав буровой бригады

Расчет затрат труда и квалификационный состав буровой бригады приводится в табл. 6.3. Расчеты ведутся в соответствии с принятыми нормами и правилами для геологоразведочных работ (ССН 93, т.14, т.15.).

Таблица 6.3 – Расчет затрат труда

№ п/п	Должности и квалификации	Норма затрат труда, в чел- днях по ССН	Затраты труда на объем	Коли- чество человек
1	Инженерно-технические работники (ИТР):			
	1. Начальник участка	0,07	23,06	1
	2. Инженер по буровым работам	0,21	69,19	1
	3. Инженер-механик	0,25	82,37	1
	4. Буровой мастер	0,29	95,56	1
	Итого:	0,82	270,18	4
2	Рабочие:			
	1. Машинист буровой установки (5 р.)	1	329,51	2
	2. Помощник бурильщика (4 разряд)	0,5	164,76	4
	Итого:	1,5	494,27	6

6.2.4. Расчет производительности труда, обоснование количества бригад

Затраты времени на бурение всего объема скважин (60 скв.) $N_{\text{бур}} = 2351,2$ ст-см.

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

$$N_{\text{м-д}} = H_{\text{м-д}} * n, \quad (6.1)$$

где $H_{\text{м-д}}$ – время на демонтаж-монтаж и перевозку, ст-см;

n – количество скважин.

$$N_{\text{м-д}} = 2,2 * 60 = 132 \text{ ст-см.}$$

Расчёт затрат времени на вспомогательные работы:

- промывка

$$N_{\text{всп}} = H_{\text{пром}} * n, \quad (6.2)$$

где $H_{\text{пром}}$ – норма времени на промывку скважин (ССН 93, т. 64), ст-см на 1 промывку.

$$N_{\text{всп}} = 0,1 * 60 = 10,2;$$

- 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.

$$N_{\text{всп}} = 0,008 * 15 * 60 = 7,2 \text{ ст-см.}$$

Расчёт затрат времени на планово-предупредительный ремонт:

$$N_{\text{ппр}} = N_{\text{бур}} / 103 * 4; \quad (6.4)$$

$$N_{\text{ппр}} = 2351,2 / 103 * 4 = 91,3 \text{ ст-см.}$$

Расчёт общих затрат времени на бурение:

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

$$N_{\text{общ}} = 2351,2 + 132 + 10,2 + 7,2 + 91,3 = 2591,9 \text{ ст-см.}$$

Расчет фактической коммерческой скорости:

$$\Pi_{\text{мес}} = (Q / N_{\text{общ}}) * 60, \quad (6.6)$$

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.

$$P_{\text{мес}} = (15558 / 2591,9) \cdot 60 = 360,2 \text{ м/мес.}$$

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

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

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

Q – объем бурения, м;

$n_{\text{бр}}$ – количество буровых установок ($n_{\text{бр}} = 4$).

$$T_{\text{пл}} = 15558 / (360,2 \cdot 5) = 10,8 \text{ мес.}$$

Срок выполнения задания 11,5 месяцев. Расчетное время выполнения – 10,8 мес. Резерв времени – 0,7 мес.

6.3. Стоимость проектируемых работ

6.3.1. Расчет суммы основных расходов по видам работ (СМ-5), сметно-финансовые и прочие сметные расчеты

При определении сметной стоимости по видам геологоразведочных работ используется СНОР-93.

К показателям «Заработная плата», «Дополнительная зарплата» и «Отчисления на соцнужды» применяется районный коэффициент – 1,3. К показателям «Материалы» и «Амортизация» применяется коэффициент – 1,2.

Таблица 6.4 – Расчет суммы основных расходов по видам работ (СМ-5)

№	Статьи основных расходов	Чистое бурение $Q = 15558 \text{ м.};$ $N_{\text{бур}} = 2351,2 \text{ ст-см.}$		Монтаж-демонтаж $N_{\text{м-д}} = 132 \text{ ст-см.}$		Вспомогательные работы $N_{\text{всп}} = 17,4 \text{ ст-см.}$	
		По СНОР	С учетом $K_{\text{зп}}$	По СНОР	С учетом $K_{\text{зп}}$	По СНОР	С учетом $K_{\text{зп}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Основная заработная плата	2199	2859	3446	4480	1900	2470
2	Единый социальный налог	872	1134	1351	1756	790	1027
3	Материалы	8661	10393	11999	14399	2764	3317
4	Амортизация	1473	1768	2847	3416	926	1111
	Итого на расчётную единицу, руб./ст-см		16154		24051		7925
	Итого основных расходов на объём, руб.		37981284,8		3174732		137895

6.3.2. Общий расчет сметной стоимости проектируемых буровых работ (СМ-1)

Общая сметная стоимость работ по проекту (табл. 6.5) рассчитывается в соответствии с «Инструкцией по составлению проектов и смет».

Таблица 6.5 – Общая сметная стоимость геологоразведочных работ

№	Наименование работ и затрат	Ед. измерения	Объем работ	Единичная сметная расценка, руб	Сметная стоимость объема работ, руб.
1	2	3	4	5	6
I	Основные расходы				53440655,2
	А.Собственно геологоразведочные работы:				44611768,2

Продолжение таблицы 6.5

1	2	3	4	5	6
I	1. Проектно-сметные работы				299164
	2. Полевые работы:		$\Sigma_{\text{пр}}$		42042318,9
	- буровые работы	ст-см	2351,2	16154	37981284,8
	- монтаж и демонтаж буровой установки	ст-см	132	24051	3174732
	- ГИС	м	10668	11,5	122682
	- керновое опробование	м	12103	51,7	625725,1
	- вспомогательные работы	ст-см	17,4	7925	137895
	3. Организация полевых работ	%	$3 \cdot \Sigma_{\text{пр}}$		1261269,6
	4. Ликвидация полевых работ	%	$2,4 \cdot \Sigma_{\text{пр}}$		1009015,7
	Б. Сопутствующие работы и затраты				8828887
	1. Транспортировка грузов	%	$15 \cdot \Sigma_{\text{пр}}$		6306347,8
	2. Строительство временных зданий	%	$3 \Sigma_{\text{пр}}$		1261269,6
	3. Транспортировка бригад на участок работ	%	$3 \cdot \Sigma_{\text{пр}}$		1261269,6
II	Накладные расходы	%	$30 \cdot \Sigma_I$		16032196,6
III	Плановые накопления	%	$30 \cdot \Sigma_{I+II}$		20841855,5
IV	Компенсированные затраты:				32134393,2
	1. полевое довольствие	%	$3 \cdot \Sigma_I$		16032196,6
	2. премии рабочим	%	$3 \cdot \Sigma_I$		16032196,6
	3. консультации специалистов				40000
	4. рецензия отчета				30000
V	Подрядные работы:				1087281
	1. топографо-геодезические работы				1087281

Продолжение таблицы 6.5

1	2	3	4	5	6
VI	Резерв	%	$3 \cdot \Sigma_I$		16032196,6
	Всего по объекту				139568578,1
	НДС – 20 %				27913715,6
	Итоговая цена с учётом НДС				167482293,7

6.3.3 Сметно-финансовый расчет проектно-сметных работ

Сметно-финансовый расчет проектно-сметных работ (по форме СМ-4) представлен в табл. 6.6.

Таблица 6.6 – Сметно-финансовый расчет на проектно-сметные работы

№ п/п	Вид расходов	Единицы измерения	Количество	Дневная ставка	Сметная стоимость в рублях
1	2	3	4	5	6
1	Старший инженер-геолог	чел-дн	20	689	13780
2	Инженер-геолог	чел-дн	20	476	9520
3	Техник-геолог	чел-дн	14	421	5894
4	Итого основная заработная плата				29194
5	С районным коэффициентом (1,3%)				37952,2
6	Дополнительная заработная плата (7,9%)				2998,2
7	Итого с дополнительной заработной платой				40950,4
8	Отчисление на социальное страхование (27%)				11056,6
9	Затраты на материалы (5%)				2047,5
10	Затраты на услуги (15%)				6142,6
	Всего основных расходов				60197,1

6.4. Организация, планирование и управление буровыми работами

Организация производства заключается в приведении в соответствие, наилучшее для данных конкретных условий, количественное и качественное соединение во времени и пространстве всех элементов производства (людские ресурсы, предметы труда, технология).

Организация производства образует систему, имеющие внутренние органические и внешние рациональные связи.

Она решает целый ряд задач, определяющих ее объективное содержание, а именно:

- подготовку производства;
- организацию подразделений для нормального хода производственного процесса;
- разделение функций и кооперирование основного и вспомогательного производства;
- оптимизацию размеров подразделений и самой фирмы (предприятия) в целом;
- материально-техническое обеспечение (планово-предупредительное);
- планирование (маркетинг);
- организацию труда (стимулирование, нормирование и т. д.);
- управление – целенаправленное воздействие на коллектив работников (координация их деятельности) для решения поставленных задач, приведение в соответствие фактического хода работ с заданным (запланированным).

6.4.1. Календарный план

Таблица 6.7 – Выполнение работ на рудопроявление «Красное»

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; подготовка макета геолого-поискового плана участка «Красный» в масштабе 1:2000.	II квартал 2019 г.	III квартал 2019 г.
Этап 2: выявление условий залегания, промышленных параметров залежей золоторудопроявления с использованием геофизических и горно-буровых работ; локализация перспективных участков с оценкой прогнозных ресурсов категории C_1 .	III квартал 2019 г.	IV квартал 2019 г.
Этап 3: Завершение горно-буровых работ; локализация прогнозных ресурсов золоторудопроявления категории P_1 – 31 т и запасов категории C_2 – 34 т.	IV квартал 2019 г.	IV квартал 2019 г.

6.4.2. 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:

1. Заработная плата – 30% от основных расходов.
2. Материальные затраты – 40% от основных расходов.
3. Амортизация – 30% от основных расходов.
4. ЕСН – 34% от расходов на оплату труда.

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

6. Премияльный фонд – 20% от чистой прибыли.

6.4.3. Стимулирование труда

Для стимулирования труда при распределении чистой прибыли из фондов потребления выделяются средства на материальные поощрения работников в виде премий. Фонд в пределах структурных подразделений организации распределяется с учетом КТУ, который учитывает вклад каждого сотрудника в дело выполнения геологического задания.

6.4.4. Стратегия развития предприятия

1. Обеспечение права работника на профессиональную подготовку, переподготовку и повышение квалификации путем заключения оговора между работником и работодателем.

2. В целях повышения квалификации работников без отрыва от производства работодатель заключает ученический договор, который является дополнительным к трудовому договору и заключается на срок, необходимый для обучения данной профессии, специальности, квалификации. В случае, если ученик по окончании ученичества без уважительной причины не выполняет свое обязательство по договору, не приступает к работе, он должен возратить, выплаченную работодателем за время ученичества стипендию, а также возмещает другие расходы, понесенные работодателем в связи с ученичеством.

3. Оплата один раз в год проезда туда и обратно студентам, впервые обучающимся по заочной форме обучения в высших учебных заведениях, имеющих государственную аккредитацию, в размере 100% стоимости проезда; обучающимся в средних профессиональных учебных заведениях 50% стоимости проезда.

4. Работодатель предоставляет работникам, успешно обучающимся в высших, средних, начальных профессиональных учебных заведениях, вечерних

общеобразовательных школах дополнительные отпуска, гарантии и компенсации в соответствии с действующим законодательством.

5. Для выполнения мероприятий, направленных на развитие персонала на производстве, работодатель выделяет финансовые средства в размере до 5% фонда оплаты труда с отнесением расходов на себестоимость товаров и услуг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В общей и геологической части представлены географо-экономическая характеристика района работ, геологические условия бурения, зоны возможных осложнений.

В технической части проекта произведен выбор и обоснование способа бурения, конструкции и профиля проектной скважины, типоразмеров коронок по интервалам бурения, режимы бурения для каждого интервала, очистного агента.

Представлены вспомогательные цеха и службы предприятия. Рассмотрены вопросы безопасности в рабочей зоне, охраны окружающей среды, чрезвычайные ситуации.

В организационно-экономической части отражена структура и организационные формы бурового предприятия, произведен расчёт нормативной продолжительности сооружения скважины, разработан календарный план-график строительства скважины, рассчитана сметная стоимость сооружения скважины.

В специальной части дипломного проекта рассмотрены керноскопы КС «Иркутскгеология», Verti-ori и Ezy-Mark. Приведено их описание, принцип работы, а также сравнительные испытания применения снарядов в схожих геологических условиях и выбор оптимального для нашего проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет о результатах поисково-оценочных работ с подсчетом запасов рудного золота по рудопроявлению «Красное». – Красноярск: 2015
2. Бурение геологоразведочных скважин: учебное пособие по курсовому проектированию / В.Г. Храменков, В.И. Брылин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 246 с.
3. Проектирование скважин на твердые полезные ископаемые: Учеб. пособие / В.В. Нескормных. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М; Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – 327 с.
4. Вебсайт фирмы Борт Лонгир – <http://www.boartlongyear.com>
5. Пономарев П.П., Каулин В.А. Отбор керна при колонковом геологоразведочном бурении. – Л.:Недра, 1989. – 256 с.
6. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).
7. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
8. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
9. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
10. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
11. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
12. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
13. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

14. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
15. СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
16. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
17. СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве.
18. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов.
19. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования
20. Оптимизация геолого-разведочной системы: учебное пособие/ сост.: В.И. Власюк, А.Г. Калинин, А.А. Бер и др.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – 359 с.
21. Юшков А.С. Кернометрия. – М.: Недра, 1989 – 224 с.
22. Нескоромных В.В. Направленное бурение и основы кернометрии: Учебник. – 2-е изд. – М.: ИНФРА-М; Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – 336 с.