



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

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
Специальность: Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания
Отделение школы: Прикладная геология

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Гидрогеологические условия месторождения «Дукат» и проект исследований для оценки водопритоков (Омсукчанский район Магаданской области)

УДК 553.412.04 (571.65)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
218В	Павлова Милана Андреевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ ИШПР	Кузеванов К.И.	К. Г.-М. Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева И.И.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Строкова Л.А.	Д. Г.-М.Н.		

Планируемые результаты обучения по ООП

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



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

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
Специальность: Поиски и разведка подземных вод и инженерно-
геологические изыскания
Отделение школы: Прикладная геология

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
218В	Павлова Милана Андреевна

Тема работы:

Гидрогеологические условия месторождения «Дукат» и проект исследований для оценки водопритоков (Омсукчанский район Магаданской области)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	-
Срок сдачи студентом выполненной работы:	- .

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Для разработки проекта использовать фондовые материалы гидрогеологических исследований на площади горных работ рудника «Дукат». Предварительную оценку фильтрационных параметров выполнить по результатам опробования гидрогеологических скважин на соседних участках по данным, полученным в ходе преддипломной практики.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	В общей части охарактеризовать геологическое строение и гидрогеологические условия отработки месторождения. В специальной части рассмотреть схематизацию гидрогеологических условий для оценки водопритоков в подземные горные выработки. В проектной части разработать проект исследований для подсчета определения фильтрационных параметров водовмещающих пород. Определить основные виды и объемы работ, изложить методику их проведения, оценить необходимые финансовые затраты, раскрыть вопросы социальной ответственности.

Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1 Геологическая района работ, Масштаб 1:50 000 2 Гидрогеологическая карта района работ, Масштаб 1:10 000 3 План расположения разведочных скквжин 4 Индикаторные графики временного прослеживания уровня на этапе откачки-восстановления 5 Дренажные элементы, оценка водопритоков
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжаккина Т.Г..
Социальная ответственность	Авдеева И.И.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

- 1.1. Физико - географическая характеристика
- 2. Гидрогеологическая и геологическая изученность района
- 3. Геологическое строение
- 4. Гидрогеологические условия
- 5.1. Гидрогеологическое обеспечение месторождения
- 5.2. Опытные наливывы
- 5.3. Уточнение гидрогеологических параметров месторождения
- 5.4. Гидрогеологическая съемка
- 5.5. Введение и контроль за актуализацией схемы системы водоотведения и осушения
- 6. Анализ состояния гидрогеологической изученности месторождения «Дукат»
- 6.1. Полевые гидрогеологические исследования
- 6.2. Результаты расходомерических исследований
- 7. Геофильтрационная модель района «Дукат»
- 7.1. Разработка концептуальной модели
- 7.1.1. Вычислительные средства
- 7.1.2. Схематизация гидрогеологических условий применительно к построению численной модели
- 7.1.3. Определение границ области моделирования
- 7.2. Структура модели
- 7.3. Решение эпигнозной задачи
- 7.4.1. Расчет прогнозных водопритоков в выработки месторождения «Дукат»
- 7.4.2. Оценка эффективности работы разгрузочных скважин
- 7.4.3. Анализ чувствительности прогнозной гидрогеологической модели
- 8.1. Результаты опытно-фильтрационных работ

-	8.2.Расчет дренажных скважин
-	9.Социальная ответственность
-	10.Сметная стоимость
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кузеванов К.И.	К.Г.-М.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
218В	Павлова Милана Андреевна		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)
 кола Инженерная школа природных ресурсов Направление подготовки 21.05.02
Прикладная геология ООП Прикладная геология

Отделение школы Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания

Период выполнения весенний семестр 2022/2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся

Группа	ФИО
218В	Павлова Милана Андреевна

Тема работы:

Гидрогеологические условия района Карайского нефтяного месторождения и проект исследований для подсчёта запасов подземных вод, используемых в системе поддержания пластового давления (Каргасокский район Томской области)

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:		01.06.2023
Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работ (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2023	Общая часть	20
01.04.2023	Специальная часть	20
01.05.2023	Проектная часть	20
01.06.2023	«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20
01.06.2023	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кузеванов К.И.	к.г.-м.н.		12.01.2023

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		03.05.2023

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева И.И.			03.02.2023

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Строкова Л.А	д.г.-м.н.		01.03.2023

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
218В	Павлова Милана Андреевна		12.01.2023

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

Обучающемуся

Группа	ФИО
218В	Павловой Милане Андреевне

Школа	ИШПР	Отделение школы	Отделение геологии
Уровень образования	Специалитет	ОГ	21.05.02. Прикладная геология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент»	
(наименование объекта и предмета исследования или проектирования; вид процессов; требования к процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта, процесс, пр.)	Сборник сметных норм на геологоразведочные работы: Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе проведения геолого-разведочных работ.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки в рассматриваемой области; постановка задач исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перечень и объемы запроектированных работ. 2. Затраты времени на каждый вид работ. 3. Календарный план выполнения работ. 4. Расчеты основных расходов по видам работ. 5. Составление сметной стоимости геологоразведочных работ. 6. Мероприятия по повышению эффективности работ
Перечень графического материала	

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	
--	--

Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент»

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

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
218В	Павлова Милана Андреевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
218В		Павлова Милана Андреевна	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	21.05.02 Прикладная геология

Тема ВКР:

Обоснование объема и методов гидрогеологических работ для оценки водопритоков в подземные горные выработки

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования:</i> Дукатское серебро рудное поле и проект оценочных работ в пределах рудопроявления Высотный (Магаданская область). <i>Область применения:</i> геологоразведочные работы. <i>Рабочая зона:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • полевые условия; • лаборатория; <p><i>Размеры помещений:</i> 20х30м. <i>Климатическая зона:</i> климат резко континентальный субарктический с большими годовыми и суточными колебаниями температур: от -55⁰С в январе до +35⁰С в июле. <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> <u>Полевые условия:</u> бульдозеры Komatsu-D355 и Komatsu-D6 с рыхлителем, буровые станки Voart Long Year LF-90 и СКБ-4, экскаватор Komatsu PC 200. <u>Лаборатория:</u> Определение химического состава воды и составление протоколов <u>Полевые условия:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Проведение откачек из скважин и геологическая документация, опробование воды • Гидрохимические работы; • Отбор проб • Гидрогеологические наблюдения • Геофизические исследования скважин
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой 	<p>Рассмотрение специальных правовых норм трудового законодательства, на основе документов по охране труда и технике безопасности. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны (организация санитарно-бытового обслуживания).</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.ГОСТ 12.0.003-2015.[1] 2.ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ.[2] 3.ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ.[3] 4.ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ.[4] 5.ГОСТ 12.2.062-81.[5]
---	--

<p>рабочей зоны) правовые нормы трудоого законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>6.ГОСТ 12.4.026-76. ССБТ.[6] 7.ГОСТ Р 22.0.01-2016.[7] 8.ГОСТ Р 55710-2013[8] 9.ГОСТ 12.1.007-76[9]10.ГОСТ 33007-2014[10] 11СанПиН 1.2.3685-21.[11] 12.Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».[12] 13. ГОСТ 12.1.005-88[13] 14. Р 2.2.2006-05[14]</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<p><u>Опасные факторы:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Движущиеся машины и механизмы, наносящие удар по телу работающего, в том числе подвижные части производственного оборудования; • Фактор, порождаемый поведенческими реакциями и защитными механизмами живых существ; • Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действием которого попадает работающий. <p><u>Вредные факторы:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Фактор, связанный с аномальными климатическими и микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; • Напряженность и тяжесть трудового процесса; • Повышенный уровень шума и вибрации; • Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения. • Вредные вещества • Запылённость воздушной среды <p><i>Расчёт шума и вибрации буровой установки Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, костюм от пониженных температур, обувь специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, плащ для защиты от воды, резиновые сапоги, перчатки, каска, ШССТ, полумаска, очки.</i></p>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Воздействие на селитебную зону: Участок работ не оказывает воздействия на селитебную зону 2. Анализ воздействия объекта на атмосферу (выделением и выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух от работы буровых установок); 3. Анализ воздействия объекта на гидросферу (загрязнением и истощением поверхностных и подземных вод сбросами остатков бурового раствора и прохождением техники через водоемы); 4. Анализ воздействия объекта на литосферу

	(загрязнение и нарушение земельных ресурсов и почвенного покрова проходками канав и бурением скважин, сопровождающиеся изъятием земель, сбросом отходов, утилизация ТБО, микросхем отработавшего оборудования).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения:	Возможные ЧС: природные пожары, техногенные пожары и взрывы, аварии с выбросом химически опасных веществ при их транспортировке, наводнения; заморозки, снежные заносы. Наиболее типичная ЧС: пожар в следствии короткого замыкания
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
218В	Павлова Милана Андреевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 125 страницы, 55 рисунков, 8таблицы, 5 листов графического материала.

Объектом исследований является изучение гидрогеологических условий участка недр «Дукат» расположено в северо-восточной части Омсукчанского района Магаданской области, в 650 км. от г. Магадан и в 37 км.

Целевым назначением дипломного проекта являлась оценка гидрогеологических условий участка недр «Дукат» и составление проекта исследований для подсчета запасов подземных

Для достижения поставленной цели были проанализированы материалы, полученные на разных стадиях, такие как фондовые, архивные и фактические материалы . В качестве фактического материала использовался отчет «Подсчет запасов подземных вод на участке недр «Дукат», составленный сотрудниками ОАО «Полиметалл».

На участке запроектирован комплекс геологоразведочных работ, включающий: уточнение геологического строения и гидрогеологических условий объекта и района его размещения; определение численных значений гидрогеологических параметров водоносной зоны.

Изучение и оценка качества подземных вод и его соответствие заданному назначению; оценка запасов подземных вод по степени геолого-гидрогеологической изученности соответствующей категории «В»

Участок работ отнесен ко второй группе по сложности геологического строения и гидрогеологических условий. Текст выпускной квалификационной работы выполнен в текстовом редакторе Microsoft Word 2016, рисунки и графические приложения выполнены в программе AutoCad 2010 и Microsoft Excel 2016, таблицы сделаны в табличном редакторе Microsoft Word 2016

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	13
Общая часть	
Общие сведения о районе ведения работ	14
1.1 Физико- географическое положение	14
1.2.Орогидрография	14
1.3.Климат.....	15
2. Геологическое строение	15
3. Гидрогеологические условия	19
4. Гидрогеологическое обеспечение месторождения	23
Специальная часть	
5.1. Опытные наливывы	25
5.2. Геофизические исследования в скважине (ГИС)	34
5.3. Уточнение гидрогеологических параметров месторождения	37
5.4. Гидрологическая съемка	38
5.5 Ведение и контроль за актуализацией схемы системы водоотведения и осушения...43	
6. Анализ состояния гидрогеологической изученности месторождения «Дукат»	46
6.1.Полевые гидрогеологические исследования	49
6.2.Результаты расходомерических исследований	56
7.Геофильтрационная модель района «Дукат».....	59
7.1. Разработка концептуальной модели.....	61
7.1.1. Вычислительные средства.....	61
7.1.2. Схематизация гидрогеологических условий применительно к построению численной модели	62
7.1.3. Определение границ области моделирования	64
7.2. Структура модели	65
7.3. Решение эпигнозной задачи.....	73
7.4.1. Расчет прогнозных водопритоков в выработки месторождения «Дукат».....	75
7.4.2. Оценка эффективности работы разгрузочных скважин	79
7.4.3. Анализ чувствительности прогнозной гидрогеологической модели	83
Проектная часть	
8.1. Результаты опытно- фильтрационных работ	88
8.2. Расчет дренажных скважин.....	93
9. Социальная ответственность	99
10. Сметная стоимость.....	115

ВВЕДЕНИЕ

Дукатское рудное поле расположено в северо-восточной части Омсукчанского района Магаданской области, в 650 км. от г.Магадан и в 37 км. В структурном плане район работ располагается в пределах Балыгычано-Сугойского прогиба, сформировавшегося вдоль меридиональной зоны глубинных разломов синхронно со структурами Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. На площади работ выявлено проявление рудного серебра, относящееся к серебряно-полиметаллической формации. Оруденение богатое и неравномерное. Участок оценочных работ «Высотный» является частью Дукатского рудного поля и расположен в его южной части.

В течение 2019-2021 годов на территории площади был проведен большой комплекс прогнозно-поисковых работ в пределах рудопроявления. По результатам работ были выделены перспективные участки для постановки более детальных поисковых и оценочных работ.

В рамках дипломного проекта составлен и обоснован комплекс оценочных работ, основной целью которых является оконтуривание сереброрудного тела на участке «Высотный» пределах Дукатского рудопроявления и подсчет запасов категории P_1 и C_2 .

В результате проведенных работ будут получены все необходимые исходные данные и выполнен подсчет запасов. Перспективность постановки оценочных работ на данном участке обосновывается необходимостью расширения и пополнения минерально-сырьевой базы серебродобывающего предприятия «Рудник Дукат».

Общие сведения о районе ведения работ

1.1 Физико- географическое положение

Участок работ расположен на территории Омсукчанского административного района Магаданской области в 650 км от г. Магадан и в 40 км от п. Омсукчан. Районный центр Омсукчан – поселок городского типа. Территория района представляет собой горную местность Верхояно-Колымской складчатой области. Большая часть территории представлена среднегорьем и мелкогорьем. Колымского нагорья (Колымский хребет или Гыдан), вытянутого в северо-восточном направлении вдоль Охотского побережья с абсолютными отметками от 300-600 до 1500-1800 метров. Колымское нагорье сложено из «смятых» в складки песчаниково-сланцевых и магматических пород и является водоразделом между бассейном реки Колымы с севера и реками, впадающими в Охотское море с юга. Южные склоны нагорья значительно короче северных и обрываются в сторону моря. Северная часть состоит из нескольких хребтов, из которых на территории района можно выделить Омсукчанский хребет с вершинами г. Невская (1880 м) и пиком Высь (1682 м). Вершины гор не образуют четко выраженной гребневой линии и имеют сглаженный характер, склоны в виде каменистых осыпей. Лишь в местах пересечения хребтов реками имеются крутые отвесные склоны. Горы в большинстве своем облесены

1.2.Орогидрография

Район месторождения находится в верховьях реки Сугой. Он характеризуется резко выраженными водоразделами с глубоко врезанной гидросетью, что относит его к сильно расчлененному среднегорью. Относительные превышения водоразделов над днищами долин 300-400 м. Крутизна склонов значительная (до 20-30°) и, как правило, у подножий увеличивается, достигая местами 40° и более. Склоны и вершины водоразделов покрыты элювиально-делювиальными отложениями, мощностью до 3-4 м. Представлены они, как правило, крупнообломочным материалом с незначительной примесью суглинка и щебня. Район месторождения располагается в бассейне руч. Брекчия и Каховка с их пригоками: правая и левая Брекчия, Искра, Ерш, Ягельный, Пиритовый, Светлый, Смелый. Воды ручья Брекчия попадают в ручей Непонятный, ручей Чапчик, р. Омсукчан, р. Сугой, впадающую в р. Колыму. Река Каховка несет свои воды в р. Джагын, р. Балыгычан и также впадает в р. Колыму. Фактически месторождение «Дукат» находится на водоразделе ручьев Брекчия и Каховка. Гидрологический режим ручьев резко непостоянен. Поверхностный сток начинается в мае, прекращается – в конце октября.

Весенний паводок приурочен к периоду интенсивного снеготаяния в конце мая – начале июня. Значительные паводки в летнее время связаны с интенсивными дождями.

1.3. Климат

Климат района континентальный, отличается длительной и холодной зимой и коротким летом. По данным Омсукчанской метеостанции средняя температура января - 34,2°C, температура декабря достигает -53,3°C. Среднегодовая температура воздуха составляет минус 11,3°C. Устойчивый переход среднесуточной температуры через 0°C происходит в среднем 15 мая и 26 сентября. Наиболее холодным месяцем является январь (средняя температура -34°C), абсолютный минимум воздуха составляет - 60°C. Среднемесячная температура самого теплого месяца (июля) – плюс 13,6°C, абсолютный максимум – плюс 34°C. Среднегодовое количество осадков составляет 332 мм. Средняя толщина снежного покрова за зиму составляет 78 см, максимальная – 117 см. Господствующее направление ветра зимой – восточное, летом – юго-западное и западное. Ветровая деятельность характеризуется равномерностью по сезонам. Ветры до 15 м/сек, и более наблюдаются в январе – феврале. Реки замерзают в начале ноября, вскрываются в мае – июне. Длина безморозного периода колеблется от 50 до 70 дней в году

2. Геологическое строение

В 1968 году в ходе геологической съемки 1:50 000 масштаба (Т.И. Иевлева, 1968 г.; В.Г. Бростовская, 1970 г.) был открыт Дукатский рудный район (размером 30x50x200 км), охватывающий удлиненный в север-северо-западном направлении Балыгычано-Сугойский гребенообразный прогиб. Структура выполнена мощной континентальной угленосной молассой, несогласно перекрытой последовательно сформировавшимися покровами андезитов и риолитов с завершающими субвулканическими фациями. Обрамление впадины сложено преимущественно триасовыми и юрскими отложениями. Широко развиты мелкие и крупные многофазные интрузивы гранитов, гранодиоритов, диоритов раннепозднемелового возраста, а также позднемеловые дайки риолитов, риодацит-порфиров и палеогеновых базальтов. Дукатское рудное поле приурочено к позднемеловому экструзивно-субвулканическому липарит-гранит-порфировому массиву, слагающему ядро купольнокольцевой вулканической структуры, в основании которой находится куполовидная интрузия, сложенная гранитоидами. Глубина свода интрузии оценена в 700-1200 м. Данными геофизики было установлено, что выступ гранитоидного массива находится в пресечении Омсукчанского и субширотного Буюндино-Гижигинского глубинных разломов. Стратиграфическое строение Дукатского рудного поля представлено снизу-вверх. Триасовая система. Верхний отдел. Норийский ярус Т3п.

На территории Дукатского рудного поля отложения триасовой системы распространены в основном в юго-западной его части и достигают мощности в 2500-3000 м. В состав толщи входят песчано-глинистые отложения сероцветных пород с локальными прослоями туфогенных образований. Внутри системы выделяют анизийский, ладинский, карнийский и норийский ярусы, из которых на территории Дукатского месторождения распространен норийский. В литологическом строении норийского яруса участвуют глинистые сланцы, алевролиты, мелкозернистые песчаники с пеллециподами. Видимая мощность отложений составляет более 300 м. Меловая система. Нижний отдел. Аскольдинская свита K1as. Отложения меловой системы на территории рудного района имеют весьма широкое распространение относительно других и являются рудоносными. Они с угловым и стратиграфическим несогласием перекрывают триасовые отложения. В составе нижнего отдела системы выделены: аскольдинская свита, омсукчанская серия, уликская свита, галисовская свита, айгурская свита и топганская свита, характеризующиеся континентальными вулканогенными, терригенными угленосными и осадочно-вулканогенными образованиями. На территории месторождения встречаются аскольдинская свита и омсукчанская серия. Аскольдинская свита распространена преимущественно в центральной части территории и, размываясь, обнажается в бассейнах ручьев пр. Брекчия, лев. Брекчия и Искра. В зависимости от литологического строения пород в свите, общей мощностью 500-1400 м, выделяются 9 горизонтов [1]:

- липариты мелкопорфировые;
- кристаллокластические игнимбриги липарито-дацитов;
- кремнистые аргиллиты и тонкополосчатые алевролиты с прослоями и линзами вулканомиктовых конгломератов, фельзитов, литокристаллокластических туфов липаритов и вулканических брекчий;
- афировые липариты с единичными линзами их туфов и вулканомиктовых алевролитов;
- вулканомиктовые алевролиты, песчаники, аргиллиты и литокристаллические туфы липаритов;
- игнимбриги липаритов пепловые витрокластические, кристалловитрокластические, литовитрокластические, линзы вулканомиктовых алевролитов, конгломератов, литокристаллокластических туфов;
- липариты порфировые сферолоидные;
- вулканомиктовые алевролиты, песчаники, брекчии, линзы липаритов и их туфов;
- липарито-дациты порфировые.

Омсукчанская свита K1om. Образования данной свиты залегают с размывом на нижележащей аскольдинской свите и характеризуются мощной, резко отличающейся по составу от выше и ниже граничащих пород (существенно вулканогенных), толщей континентальных терригенных моласс. В районе исследований свита распространена в верховьях и правобережье ручья Каховка, вдоль руч. Ягельный, а также в междуречьях Ахтана и Непонятого, Чапчика и Ахтана. В литологическом строении свиты участвуют

алевролиты, аргиллиты, песчаники, гравелиты, конгломераты и эффузивы кислого состава. Мощность всей толщи изменяется от 300 до 400 метров. Верхний отдел. Таватумская свита K_2tv . Распространение свиты широко представлено в бассейне ручьев лев. Брекчия и пр. Брекчия и верховьях руч. Ахтан. В состав эффузивных образований таватумской свиты входят андезиты, дациты и их лавокластические разности, слагающие основную часть разреза свиты, тогда как дациты и андезиты образуют в них маломощные прослои. Видимая мощность отложений составляет 200 метров. Наяхенская свита K_2nh . Отложения свиты с незначительным угловым несогласием залегают на породах таватумской свиты и со стратиграфическим несогласием на породах нижнего отдела меловой системы. Распространены отложения в северной и юго-западной частях района исследований. В литологическом строении свиты участвуют кислые эффузивы: кристаллокластические игнимбриды липаритов и липарито-дацитов. Максимальной мощностью породы наяхенской свиты обладают в юго-западной части района. Четвертичная система. Верхний отдел $alQIII$. Четвертичные отложения имеют не повсеместное распространение и не образуют сплошных покровов. Генетически они представлены речными, ледниковыми, пролювиальными, озерно-болотными и делювиально-солифлюкционными образованиями. В составе верхнечетвертичных (плейстоценовых) отложений содержатся формации эпохи сарматского оледенения, выполняющие склоны, плоские водораздельные пространства, днища долин водотоков и надпойменные террасы третьего и второго порядка в долинах ручьев Непонятный и Ахтан. Ледниковые отложения представлены галечниками с прослоями песка и суглинка, а также слабосглаженными глыбами и дресвой. Мощность плейстоценовых отложений составляет от 3-8 метров до 10 метров (аллювий). Современный отдел (голоцен) QIV . В состав современного четвертичного отдела, имеющего широкое распространение на участке исследований, входят отложения аллювиального, делювиально-солифлюкционного, пролювиального и алювиальноделювиального генезиса, которые покрывают склоны, водораздельные пространства и долины ручьев [1]. Аллювиальные отложения ($alQIV$) современного отдела имеют нижнеголоценовый возраст. Они слагают поймы, а также первые и вторые надпойменные террасы ручьев лев. Брекчия, пр. Брекчия, Непонятный, Каховка и Чапчик. Литологическое строение аллювиальных накоплений представлено галечником, валунами, гравием, песком с супесчаным и суглинистым заполнителем. Мощность отложений в нижнем течении рек и ручьев достигает 10-15 метров, тогда как в среднем не превышает 4-8 метров. Высота надпойменных террас варьируется от 1,5 до 4 метров. Делювиально-солифлюкционные ($d-sfQIV$) отложения слагают склоны и подножья водоразделов, а также встречаются в бортах ручьев пр.

Брекчия, Ягельный, Каховка, Безымянный. Их средняя мощность составляет 2-5 метров и может достигать 10-15 метров. В составе накоплений встречаются неокатанные глыбы, щебень и дрова. Заполнитель представлен суглинистым, глинистым, реже супесчаным материалом с линзами льда. Пролувиальные (plQIV) отложения на территории исследуемого района пользуются подчиненным распространением, слагая конуса выноса притоков ручья Брекчия, временных водотоков и боковых притоков основных рек. Литологическое строение пролувиальных накоплений представлено частично окатанными глыбами, щебнем, дровяной и галькой с супесчаным, реже суглинистым материалом заполнителя. Мощность отложений на территории месторождения не установлена, однако, на территории Дукатского рудного поля может достигать 10-15 метров.

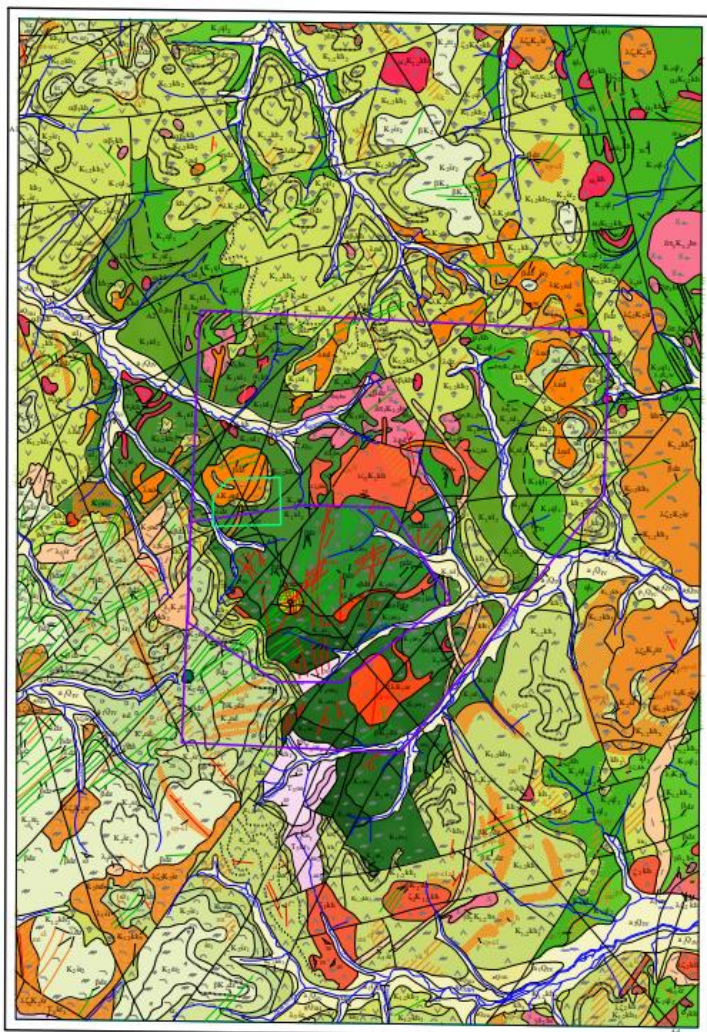


Рисунок 1 Геологическая карта масштаба 1:50 000

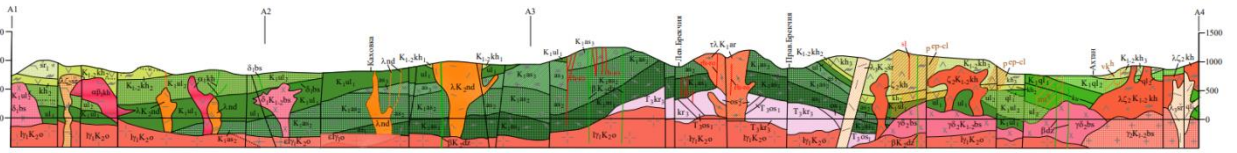


Рисунок 2 Геологический разрез по линии А1-А2-А3-А4

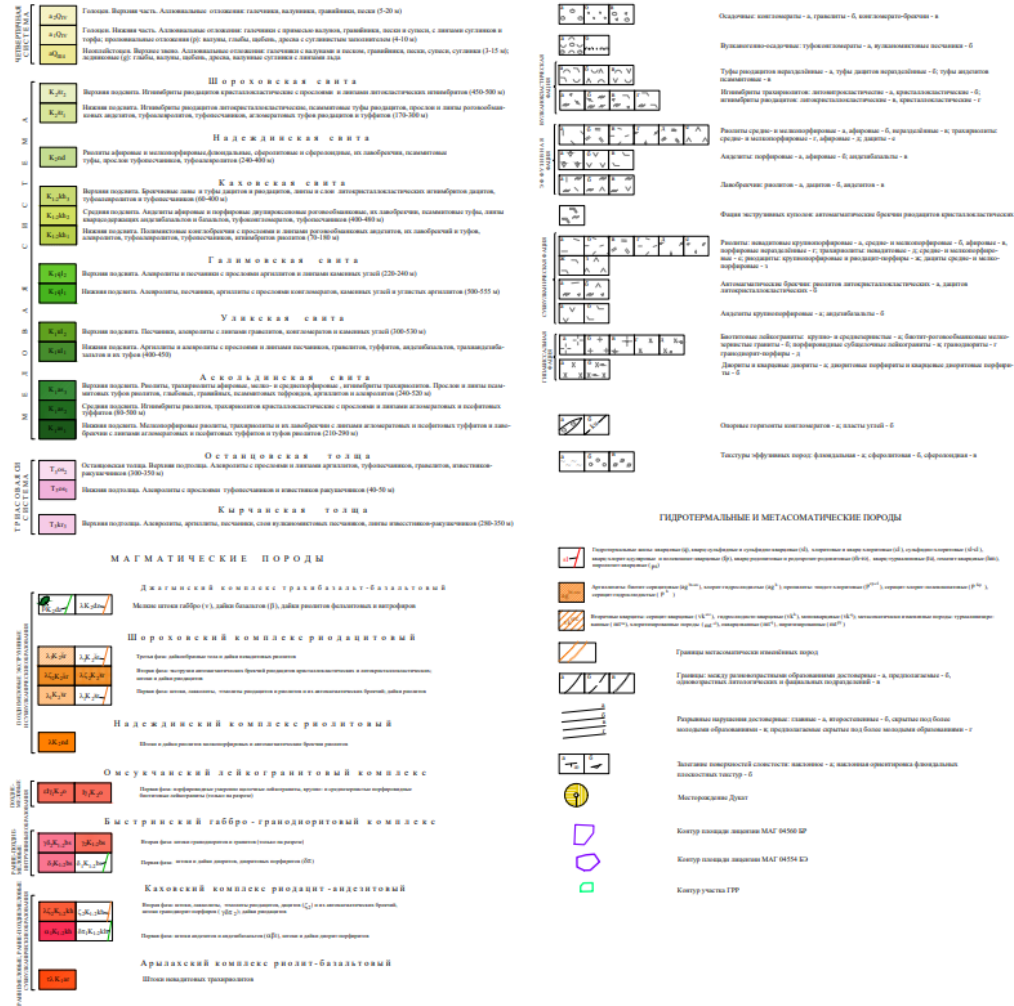


Рисунок 3 Условные обозначения

3. Гидрогеологические условия

Согласно гидрогеологическому районированию, район исследований относится к Верхояно-Чукотской гидрогеологической области, характеризующейся сложным строением. В её пределах выделяются структуры первого порядка, в том числе ЯноКолымская, в составе которой присутствует Колымо-Сугойская система артезианских бассейнов [3]. Одним из артезианских бассейнов является Омсукчанский бассейн трещинных вод, к которому приурочено Дукатское рудное поле. Исходя из того, что подавляющую часть общего подземного стока занимают воды в пределах зоны активного водообмена речных долин, то гидродинамическая обстановка района определяется гидродинамическими особенностями структур, приуроченных к таликовым зонам -

«желобам стока». Следует также отметить, что глубина развития зоны активной трещиноватости и проницаемости изменяется в пределах 100-150 метров и составляет в среднем 120- 130 метров. При этом водопроницаемость пород в комплексах подчиняется следующим закономерностям: в верхней части практически всегда залегает слабопроницаемый слой выветрелых коренных пород, мощность которого варьирует от 5 до 30 метров; ниже залегают наиболее проницаемые трещиноватые породы с тенденцией затухания трещиноватости и проницаемости с глубиной. Интервал глубин с максимальной проницаемостью, как правило, характеризуется отметками от 40-60 до 80-100 метров. При этом величина водопроницаемости практически не зависит от литологического строения вмещающих пород. Выделяются следующие водоносные горизонты и комплексы: Горизонт современных аллювиальных отложений (aIQIV). Широко распространен в долинах рек и ручьев Омсукчан, Чапчик, Каховка, Брекчия, Непонятный, Ахтан и др. водотоков участка исследований, выполняя поймы, первые и вторые надпойменные террасы в пределах развития сквозных и устойчивых таликов. Является первым от поверхности водоносным горизонтом. Характеризуется безнапорным режимом, но в зимний период может иметь слабонапорный режим. Фильтрационные свойства горизонта сильно изменяются в зависимости от его литологического строения, так хорошо промытые галечники, мощностью 3-4 метра, могут иметь коэффициент фильтрации 30 м/сут, а пески с суглинистым заполнителем 1-0,1 м/сут. В среднем же коэффициент фильтрации равен 6-15 м/сут. По условию циркуляции воды имеют поровый и порово-пластовый характер. Питание горизонта осуществляется в летний период за счет поверхностных водотоков. Разгрузка происходит в нижележащие горизонты и комплексы в пределах сквозных таликов или вниз по потоку рек и ручьев. Удельные дебиты скважин для опробования не превышают десятых долей л/(с·м), а водопроницаемость 150-200 м²/сут. Мощность аллювиальных отложений в районе месторождения не превышает 10 метров. Химический состав вод представлен гидрокарбонатно-хлоридной натриево-кальциевой минерализацией с сухим остатком менее 0,1 г/дм³. Воды ультрапресные, мягкие, рН 5,5-6,8. Водоносный комплекс верхнемеловых эффузивных образований (K₂) развит в пределах Дукатского месторождения незначительно, водообилен в пределах днищ долин рек и ручьев. Вмещающими породами для трещинно-жильных вод горизонта являются покровы фельзитов, липарито-дациты, андезиты, игнимбриты, а также вулканогенно-осадочные образования кислого и среднего состава. В скважинах, вскрывающих комплекс на ручье пр. Брекчия, ручье Ахтан и ручье Каховка, удельные дебиты составляют 0,1- 1 л/(с·м) [3]. Комплекс нижнемеловых терригенных отложений (K1 2) пользуется широким распространением в районе исследований, в

частности развит в течениях ручьёв Чапчика, Ахтана, Брекчии и Каховки. Воды имеют трещинный или трещинно-жильный тип. Водовмещающими породами служат терригенные разности угленосной толщи: песчаники, алевролиты, аргиллиты, песчано-глинистые сланцы с прослойками углистых сланцев. Подошва комплекса залегает на глубине 120-150 метров, что указывает на расположение в разрезе совместно с зоной максимальной трещиноватости (и проницаемости). Удельные дебиты скважин, пробуренных на данный водоносный комплекс, изменяются в широких пределах: от 0,2 до 3-5 л/(с·м) при средних выше 1 л/(с·м). При регионально рассмотрении величина водопроницаемости может достигать 200-400 м² /сут. Химический состав вод характеризуется как гидрокарбонатно-хлоридный натриевый с минерализацией 0,08-2 г/дм³, при рН 6,5-7,8. Комплекс нижнемеловых эффузивных образований (К1 1) в пределах месторождения развит очень ограниченно и встречается в верхнем и среднем течении ручьёв Лев. Брекчия и Пр. Брекчия. Водовмещающими породами комплекса являются липариты, игнимбристы и фельзиты. Проницаемость характеризуется удельными дебитами скважин от 0,1 до 2,3 л/(с·м). Комплекс верхнетриасовых терригенных отложений (Т3) развит на ограниченной части территорий, в основном, в верховьях ручья Пр. Брекчия. Водовмещающими породами являются песчаники, конгломераты и алевролиты. Фильтрационные параметры комплекса изучены слабо, но схожесть в литологопетрографическом строении толщ верхнетриасового и нижнемелового возраста позволяет предполагать, что их гидрогеологические характеристики будут находится в пределах одного порядка [3]. Комплекс ниже-верхнемеловых субвулканических и интрузивных образований λ-γ К1-2 широко развит в пределах среднего течения ручья Чапчик. Водовмещающими породами являются гранодиориты и кварцевые диориты, слагающие крупные жильные и интрузивные тела в междуречье Непонятного и Чапчика и в устьевой части ручья Ахтан. Проницаемость пород неравномерна, удельные дебиты скважин варьируют от 0,5 до 3-5 л/(с·м) в дайки невадитов и зонах интенсивной трещиноватости, в среднем составляет больше 1 л/(с·м). Величина водопроницаемости достигает 800 м² /сут при коэффициенте пьезопроводности порядка (1÷5) 105 м² /сут. Комплексы спорадического обводнения (подмерзлотный водоносный комплекс) – собирательное название системы комплексов, включающих в себя верхнемеловые эффузивы К₂, нижнемеловые осадочные породы К1 2, нижнемеловые эффузивные образования К₁₋₂, верхнетриасовые осадочные породы Т3, а также ниже-верхнемеловые субвулканические и интрузивные образования λ-γ К1-2 спорадического обводнения. Комплексы этого типа встречаются повсеместно, как в зонах развития сквозных таликов (рисунок 1), так и на участках распространения многолетнемерзлых пород. Воды

комплексов имеют напорный гидродинамический режим. По условиям циркуляции воды микро трещинные и локально трещинные. Проницаемость характеризуется удельными дебитами скважин от 0,004 до 0,08 л/(с·м) и средними коэффициентами фильтрации 0,01-0,001 м/сут. Подмерзлотные воды комплексов спорадического обводнения во время изысканий 1971- 1977 годов были опробованы пятью скважинами, в том числе одна из них №51, проходила в центральной части месторождения. Данные комплексы требуют проведения мероприятий по осушению горных выработок, проходящих в непосредственной близости к ним. Практическое значение с точки зрения водопритоков в горные выработки имеет лишь подмерзлотный водоносный комплекс, залегающий на глубинах 200-250 метров от современного базиса эрозии.

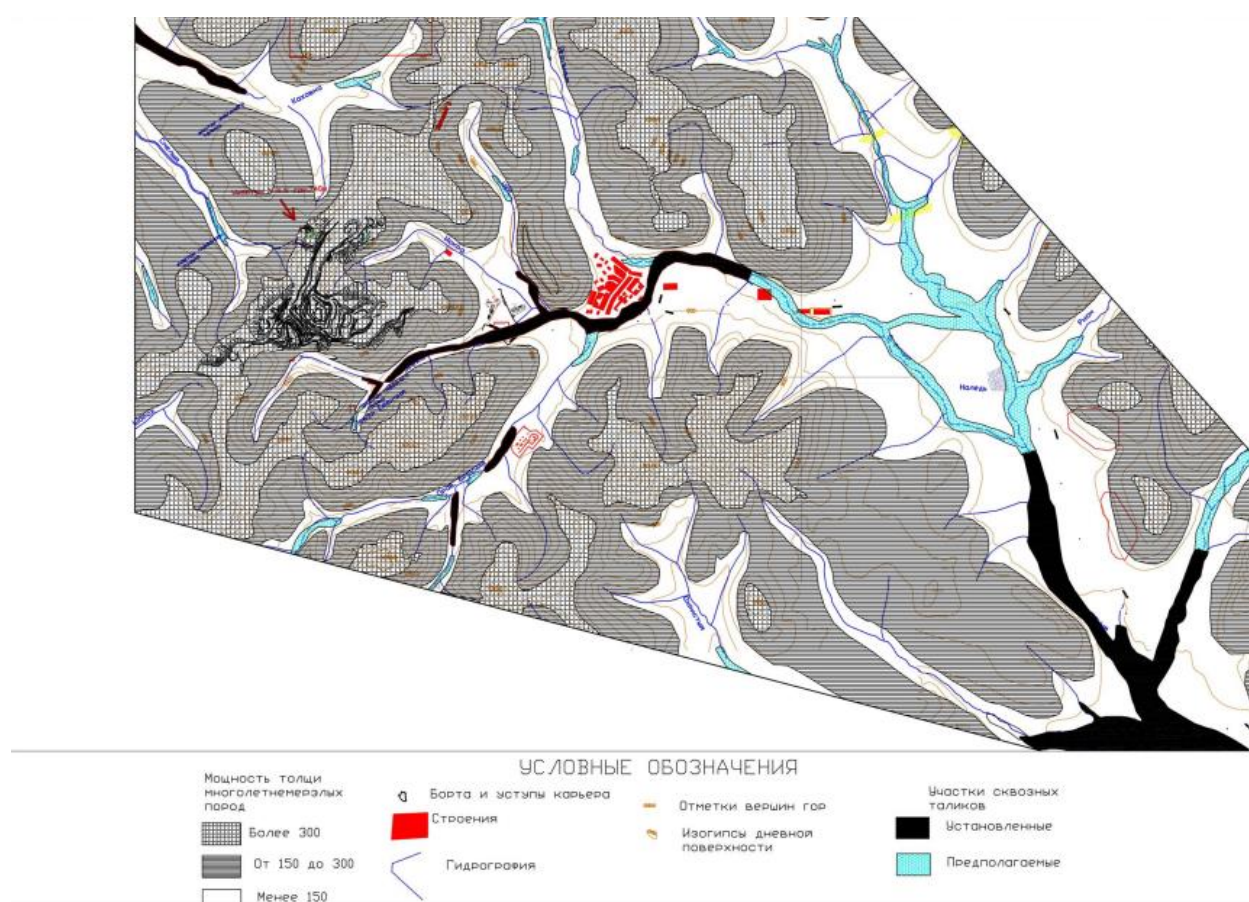


Рисунок 4 Схема расположения таликов в районе месторождения

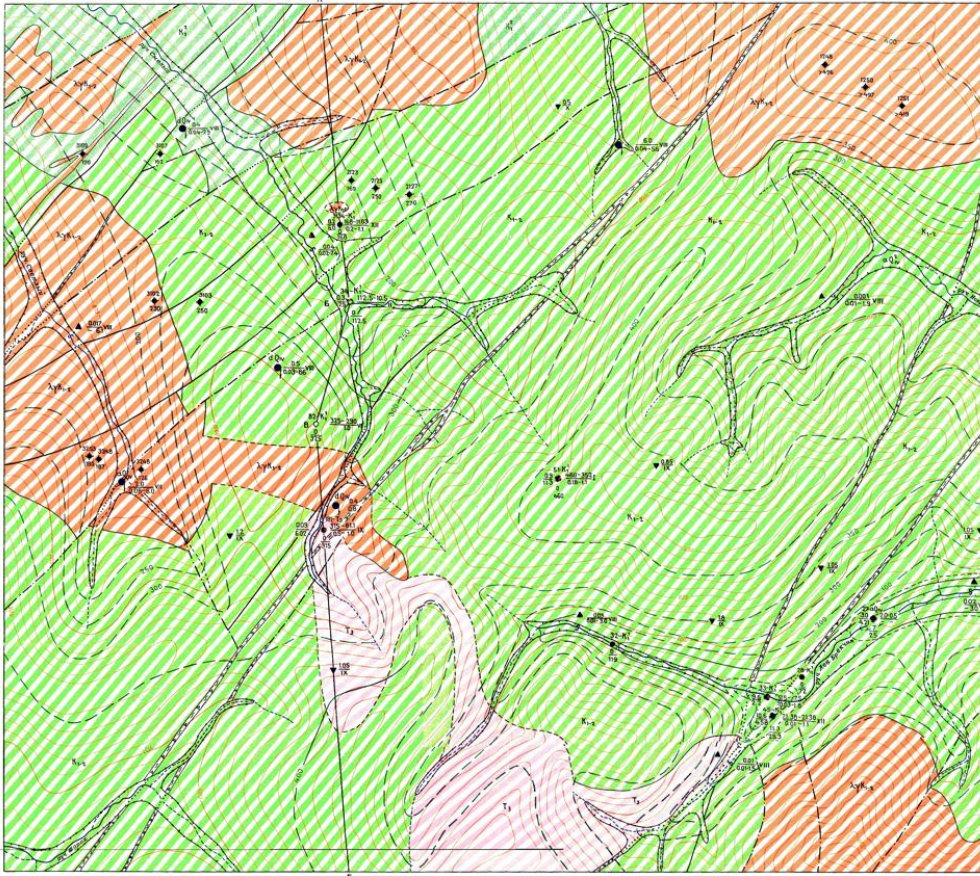


Рисунок 5 Гидрогеологическая карта

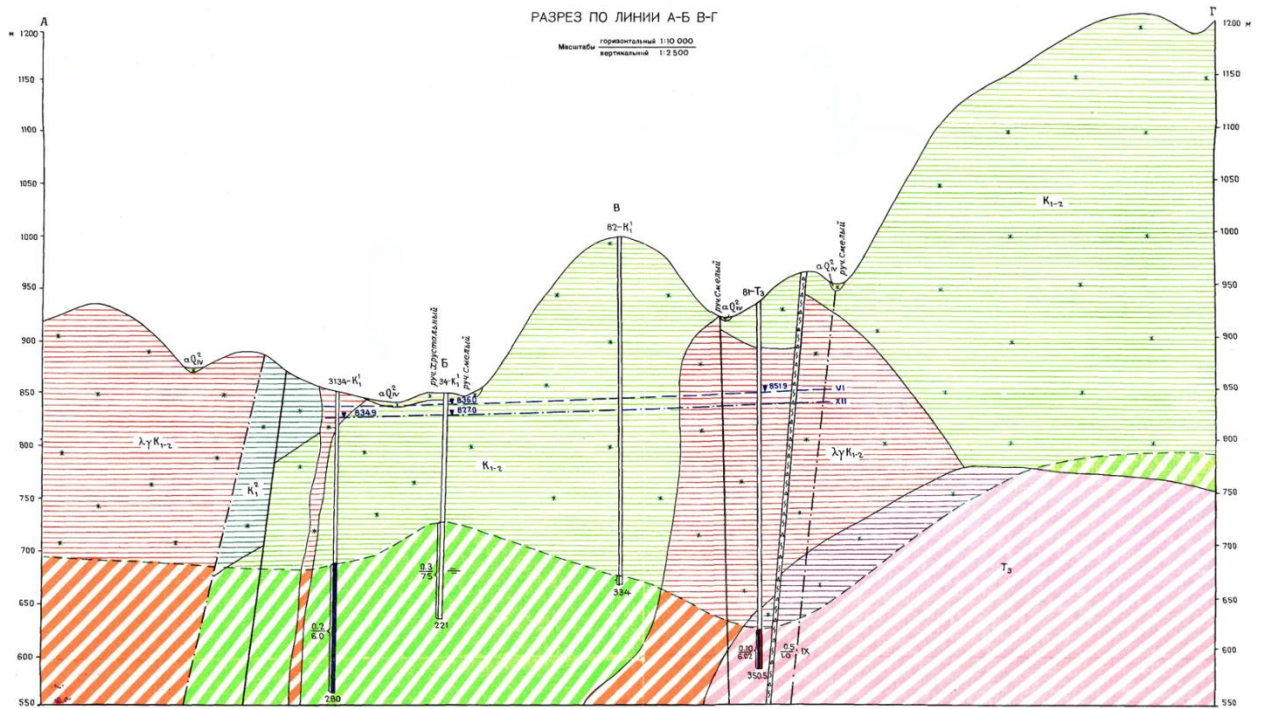


Рисунок 6 Разрез по линии А-Б-В-Г

4. Гидрогеологическое обеспечение месторождения

Производство опытно-фильтрационных работ

Опытно-фильтрационные работы (опробования) являются основным видом гидрогеологических исследований, обеспечивающих определение характеристик водоносных горизонтов, а также оценку гидродинамических и миграционных параметров водоносных и слабопроницаемых пород.

Основными видами опытно-фильтрационных работ, которые проводятся не только при гидрогеологических, но и при других исследованиях, являются: наливывы в шурфы и котлованы, откачки, наливывы и нагнетания в скважины (). Так же работы, связанные со скважинами, могут использовать пакерные испытания (для определения параметров отделенных пластов).

Методы определения гидрогеологических параметров и характеристик грунтов и водоносных горизонтов при инженерно-геологических изысканиях

Таблица 1

Гидрогеологические параметры и характеристики	Методы определения	Условия применения
1. Параметры и характеристики грунтов (горных пород)		
Коэффициент фильтрации (водопроницаемости)	Полевые испытания в соответствии с ГОСТ 23278-2014, , экспресс-откачки и наливывы, лабораторные методы и расчеты по эмпирическим формулам	Водонасыщенные и неводонасыщенные грунты
Коэффициент водоотдачи (гравитационной или упругой)	Кустовые откачки из скважин. Стационарные наблюдения за уровнем подземных вод (УПВ). Лабораторные методы	Водонасыщенные грунты
Коэффициент недостатка насыщения	Налививы воды в шурфы	Неводонасыщенные грунты
Высота капиллярного поднятия	Налививы воды в шурфы, лабораторные методы	
Удельное водопоглощение (относительная водопроницаемость)	Налививы воды в скважины	Водонасыщенные и неводонасыщенные грунты
	Нагнетания воды в скважины	Водонасыщенные грунты
	Нагнетания воздуха в скважины	Неводонасыщенные грунты
2. Параметры и характеристики водоносных горизонтов		
Мощность водоносного горизонта	Анализ гидрогеологического разреза. Поинтервальное опытно-фильтрационное опробование	Водонасыщенные грунты
Направление подземного потока	По карте гидроизогипс (гидроизопьез)	Водонасыщенные грунты
Гидравлический градиент (уклон) подземного потока	По карте гидроизогипс (гидроизопьез)	Водонасыщенные грунты
Коэффициент водопроводимости	Опытные откачки из скважин	Водонасыщенные грунты
Коэффициент уровнепроводности (пьезопроводности)	Кустовые откачки из скважин	Водонасыщенные грунты
Коэффициенты перетекания и вертикального водообмена	Кустовые откачки воды из скважин. Стационарные наблюдения за УПВ	Слоистые водоносные толщи

Гидрогеологические параметры и характеристики	Методы определения	Условия применения
Фильтрационное сопротивление днищ водоемов	Стационарные наблюдения за уровнями подземных вод и поверхностных вод	Водонасыщенные грунты
Действительная скорость движения подземных вод	Полевые геофизические и индикаторные методы	Водонасыщенные грунты
Инфильтрационное питание (модуль питания пласта)	Стационарные наблюдения за УПВ. Балансовые расчеты	Водонасыщенные грунты

5.1. Опытные наливы

Для проведения наливов воды в шурфы необходимо следующее оборудование:

1. Инфильтрометр 1 или 2-х кольцевой;
2. Источник водоснабжения с запасом, равным объему налива;
3. Устройство или ёмкость для подачи воды в инфильтрометр;
4. Комплект, установка бурения мелкой скважины для определения глубины промачивания;
5. Рейка.

Проводятся при глубине залегания уровня грунтовых вод более 4-5 м. В ходе опыта производится регистрация расхода воды, необходимое для поддержания постоянного положения уровня воды в шурфе, слой воды над дном шурфа (h) должен соответствовать примерно 10 см. При наиболее простой схеме опыта (способ А.К. Болдырева) принимается, что фильтрация через дно шурфа с установившимся расходом (Q) осуществляется при действующем напорном градиенте:

$$\frac{(h + l)}{l} \sim 1 \quad (1)$$

где: l – глубина просачивания воды.

При принятых допущениях коэффициент фильтрации определяется формулой:

$$K_{\phi} = v = \frac{Q}{f} \quad (2)$$

где: K_{ϕ} – коэффициент фильтрации

v скорость фильтрации м/сут;

Q – установившийся расход через дно шурфа, м³/сут;

f – площадь дна шурфа, м².

В рассмотренной постановке схема опыта не учитывает расход бокового растекания через стенки и дно шурфа, влияние капиллярных сил, которые особенно существенны при наливах в суглинистых и глинистых породах и высоту слоя воды в шурфе.

Другие схемы проведения наливов в шурфы (способы Н.С. Нестерова, Н.К. Гириного, Н.Н. Биндемана) (П.Н., 2012).

Опытные откачки (опытные наливывы)

Одиночную опытную откачку (опытный налив следует проводить для получения ориентировочных параметров для предварительных прогнозных решений. Длительность одиночной опытной откачки должна составлять не менее 8 часов.

Кустовую опытную откачку (опытный налив) является основным и наиболее обоснованным методом опытно-фильтрационных испытаний.

По своему назначению, организации и получаемым результатам они подразделяются на пробные и опытные.

Пробные откачки являются основным видом опробования картировочных скважин, но также выполняются на всех типах гидрогеологических скважин перед их дальнейшим использованием в качестве опытных, разведочно-эксплуатационных и др. Они обычно бывают кратковременными (одна смена 8—12 ч, реже более) с одним понижением уровня. Основными задачами пробных откачек является прочистка (прокачка) скважины после окончания буровых работ, определение удельного дебита скважины ($q_{уд}$, определяемого по формуле 8), который является удобной сравнительной характеристикой водообильности различных водоносных горизонтов или интервалов, ориентировочная оценка проводимости водоносного горизонта (T , $m^2/сут$, определяемого по формуле 9), отбор проб воды для определения химического состава.

$$q_{уд} = Q_c / S \quad (3)$$

где: Q_c – дебит скважины $m^3/ч$;

S – величина понижения уровня воды при откачке, m .

$$T = K \cdot m, \quad (4)$$

где: K – коэффициент фильтрации, $m/сут$;

m – мощность обводненной толщи.

Опытные откачки являются основным методом оценки фильтрационных (гидродинамических) параметров водоносных и слабопроницаемых пород: коэффициентов фильтрации, водопроводимости, пьезо-уровнепроводности, водоотдачи, параметров перетекания и др. По схеме проведения опыта они подразделяются на одиночные и кустовые откачки. Одиночные опытные откачки в

отличие от пробных выполняются с двумя-тремя понижениями уровня и дают только дополнительную возможность оценки зависимости дебита скважины от величины понижения уровня: $Q=f(s)$.

При определении только коэффициента фильтрации продолжительность одиночной откачки на одно понижение в однородных породах для напорных и безнапорных вод рекомендуется принимать не менее 1 суток и заканчивать после практической стабилизации уровней при постоянном дебите. Меньшая продолжительность откачек не рекомендуется, так как это уменьшает область, характеризующуюся опытом, и увеличивает влияние призабойной зоны, сказывающееся на результатах расчета коэффициента фильтрации.

Схема проведения кустовых опытных откачек предусматривает оборудование кроме опытной скважины, из которой осуществляется откачка, нескольких наблюдательных скважин, по которым ведется регистрация изменений положения уровня и режестрирование минерализации подземных вод в процессе проведения опыта. Количество, расположение, конструкция скважин, длительность и дебит опыта подлежат планированию на основе численных или аналитических расчетов радиальной фильтрации.

Выбор дебита должен обеспечивать конечное понижение (повышение) дальней наблюдательной скважины куста не менее 30 см, но при этом в процессе опыта не должно происходить осушение фильтра при опытной откачке или перелив через устье фильтровой колонны при опытном наливе.

Наблюдательные скважины следует размещать:

вдоль одного луча, числом не менее трех;

в скальных анизотропных в плане массивах следует устраивать два луча, направление лучей должно совпадать с ожидаемыми направлениями анизотропии;

ближнюю скважину в опробуемом пласте следует размещать на удалении не менее 2 и не далее 5 метров;

расстояние от центральной до каждой следующей скважин должно увеличиваться в геометрической прогрессии с тем, чтобы дальняя скважина оказалась на удалении не менее 1.5-ной мощности пласта;

в выше или ниже расположенном водоносном горизонте в том случае, если имеет место перетекание между ним и опробуемым горизонтом, должны быть установлены две

наблюдательные скважины рядом с ближними наблюдательными скважинами на основной водоносный пласт.

Продолжительность кустовой откачки установлена не менее 3 сут. В процессе откачки необходимо вести текущую документацию и камеральную обработку данных:

заполнять журнал откачки;

составлять хронологические графики зависимости дебитов и понижения уровня в центральной и наблюдательных скважинах от времени;

строить графики зависимости дебита и удельного дебита от понижения уровня и полулогарифмические графики зависимости понижения уровня от времени $S = f(\lg t)$.

Построение хронологических графиков и особенно графиков $S = f(\lg t)$ обеспечивает надежный контроль при проведении опыта. Показания графиков служат основой для регулирования частоты наблюдений и продолжительности откачки. Обязательным проведением откачки в условиях квазистационарного режима не менее 1 сут.

При совместном определении коэффициентов фильтрации и пьезопроводности (уровнепроводности) продолжительность кустовой откачки увеличивают в напорных водах обычно до 3-7, в безнапорных до 10-15 сут. При этом продолжительность кустовой откачки должна обеспечить не только необходимые значения понижений в наиболее удаленных наблюдательных скважинах, но и достижение в них квазистационарного режима в течение времени, достаточного для построения временных и комбинированных графиков прослеживания.

В безнапорных водах при откачке меньшей продолжительности ее результаты будут также искажаться за счет влияния вертикальных составляющих скорости фильтрации у скважины и процессов формирования гравитационной водоотдачи. Возникающий при этом ложно-стационарный режим откачек может привести к неправильному представлению о наличии гидравлической связи подземных и поверхностных вод. После завершения откачки (на каждом этапе) проводятся наблюдения за восстановлением уровня. В том случае, если откачка из одной опытной скважины не обеспечивает достижения необходимых понижений уровня, может проводиться групповая откачка из нескольких опытных скважин. Виды и продолжительность откачек воды при инженерно-геологических испытаниях определяются исходя из целей опыта (Таблица 2).

Кустовые опытные откачки проводятся в течение 3—15 суток и более, как правило, при двух-трех понижениях уровня. После завершения откачки (на каждом этапе) проводятся

наблюдения за восстановлением уровня. В том случае, если откачка из одной опытной скважины не обеспечивает достижения необходимых понижений уровня, может проводиться групповая откачка из нескольких опытных скважин. Виды и продолжительность откачек воды при инженерно-геологических испытаниях определяются исходя из целей опыта (Таблица 2).

Откачку следует проводить при наличии насоса, а также водоподъемного оборудования. Опытный налив следует проводить через жесткую (металлическую или пластиковую) трубу, опускаемую в скважину под уровень воды не менее чем на 1 м. Выбор оборудования для опытной откачки или опытного налива должен исходить из требования обеспечить постоянный дебит.

Все откачки, вне зависимости от того, кустовые или одиночные откачки и наливы производятся при наличии следующего оборудования и условий:

Насос, способный обеспечить постоянный дебит. Опытный налив следует проводить через жесткую (металлическую или пластиковую) трубу, опускаемую ниже уровня воды не менее чем на 1 метр;

Устройства измерения расхода насосного оборудования и уровней воды в скважинах. Измерение дебита должно обеспечиваться с не более 5% погрешностью, измерение уровня с погрешностью не более 1 см. При объемном методе подсчета расхода, ёмкость должна подбираться исходя из условия её заполнения не более 20 секунд.

Диаметр фильтровой колонны опытной скважины должен обеспечивать возможность установки водоподъемного оборудования и измерения уровня воды. Для измерения уровня воды в опытной скважине рекомендуется помещать в скважину пьезометрическую трубу для спуска измерительного оборудования, которая также обеспечит требуемую точность и предотвратит его повреждение.

Размеры проходных отверстий фильтров должны предотвращать суффозионный вынос грунта. Водоприемная длина фильтра не должна уменьшаться в процессе опыта вследствие накопления суффозионного материала в стволе скважины.

В дисперсных грунтах следует в обязательном порядке устанавливать фильтры с песчано-гравийной обсыпкой толщиной не менее 2,5 см. Перед обсыпкой смесь гравия и крупнозернистого песка должна быть отмыта от глинистых и пылеватых фракций.

В скальных крепких породах следует использовать скважины без фильтра, с изоляцией ствола вне опытного или наблюдательного интервала.

Для полевой обработки данных должно быть предусмотрено место для камеральных работ: столы, стулья, светильники, переносной компьютер с программным обеспечением работы с электронными таблицами и графиками. Кустовые опытные откачки должны быть обеспечены местами для круглосуточного нахождения и отдыха персонала сообразно климатическим условиям. При производстве кустовых откачек на поверхности и в подземных горных выработках устанавливается отопляемый балок вблизи производства работ, либо машины, в которой возможен обогрев сотрудников.

Таблица 2

Вид откачки	Технологическая схема испытаний	Цель опыта	Число понижений	Продолжительность откачки, сутки	
Экспресс откачка	Одиночная	Ориентировочная оценка водопроницаемости пород	1	До 0,5	
Пробная	Одиночная	Предварительная оценка водопроницаемости пород и химического состава подземных вод для сравнительной характеристики различных участков и (или) ориентировочных расчетов; определение производительности скважины при назначении параметров опытной откачки	1	0,5 1	
Опытная	Одиночная	Определение значений коэффициентов фильтрации (водопроницаемости)	1	1-3	
		Определение изменения химического состава подземных вод в процессе откачки	1	2-3 при обосновании в программе изысканий	
		Определение удельного дебита и зависимости дебита от понижения	2	2-5	
	Кустовая	Установление расчетных гидрогеологических параметров:			
		коэффициентов фильтрации (водопроницаемости), водоотдачи (гравитационной или упругой), уровнепроводности (пьезопроводности)	1	3-10	
		показателей взаимосвязи между водоносными горизонтами, подземными и поверхностными водами, а также условий движения и изменений химического состава подземных вод	1	5-30	
Опытно-эксплуатационная	Из одной скважины или группы скважин	Установление закономерностей изменения уровней или химического состава подземных вод сложных условиях, которые не могут быть	1	Обосновывается в программе изысканий	

Вид откачки	Технологическая схема испытаний	Цель опыта	Число понижений	Продолжительность откачки, сутки
		отражены в виде расчетной схемы: опытнопроизводственное понижение уровня системой водопонижительных скважин для обоснования проектов дренажа		

Подготовка к проведению откачек необходимо проводить в следующем порядке:

Бурение скважин и установка фильтровых колонн, очистка скважин;

Измерения уровня воды в скважинах;

Высотная привязка устьев скважин и верха труб, от которого производят измерения уровней воды;

Установка водомерной рейки в расположенном вблизи водоема (при его наличии);

Монтаж оборудования для подъема или налива воды, монтаж водовода;

Установка и поверка измерительной аппаратуры;

Пробная откачка воды из опытной и наблюдательных скважин с наблюдением за уровнями воды и дебитом с обязательной документацией;

Наблюдение после прокачки за восстановлением уровня воды.

По результатам пробной опытной откачки длительностью до 2 часов должна быть произведена корректировка дебита и длительности опыта для того, чтобы избежать осушения фильтра в процессе опытной откачки или разлива на устье при опытном наливе.

Бурение скважин следует выполнять ударно-канатным, роторным и пневмоударным способами (для специальных целей, связанных с отбором проб, керна, при малом диаметре скважины может быть использован колонковый способ). При бурении скважин применение глинистого раствора запрещается.

Скважина должна быть обеспечена изоляцией от перетекания воды под затрубному пространству. Изоляция обеспечивается переходом на меньший диаметр бурения над интервалом установки фильтра. Буровые трубы прежнего диаметра не извлекают.

Обсадные трубы конечного диаметра бурения поднимают после установки фильтра.

Затрубное пространство колонны надо фильтром тампонируют.

На устье обязательна трамбовка глиной затрубного пространства для изоляции от атмосферной воды и предотвращения провальных оседаний во время откачки.

Опытную откачку или налив следует начинать после полного восстановления уровня воды до статического положения.

Наблюдения за восстановлением уровня воды после прокачки до начала опыта должны продолжаться не менее 4 часов для пород с коэффициентом фильтрации более 2 м/сут и не менее 10 часов для пород с меньшей проницаемостью.

При откачке следует осуществлять отвод воды на расстояние, исключающее возможность её влияния на ход опыта.

В период подготовки основных испытаний следует предусмотреть наблюдения:

за уровнями подземных вод в скважинах вне зоны влияния откачки для учета естественного режима;

уровнями подземных вод соседнего горизонта, для принятия решения о связи с опробуемым пластом;

уровнем водоема, оказывающего влияние на процесс испытания (при его наличии).

До проведения откачек должны быть зафиксированы следующие данные:

Местоположение скважин;

Абсолютная отметка устьев скважин;

Глубины скважин;

Расстояние до уреза воды ближайшего водоема;

Время начала и окончания испытаний;

ФИО проводивших испытания;

Схема расположения скважин;

Схематический геологический разрез и конструкция центральной скважины;

Сведения о нулевых точках (сведения об уровнях в скважинах до начала испытаний);

Указание типа, скважности, шага витка фильтра;

Указание рабочей части фильтра;

Тип, материал, диаметр внешний и внутренний труб;

Наименование насоса, производительность по данным с завода;

При откачке эрлифтом – диаметр водоподъемных и воздушных труб;

Глубина установки водоподъемных и воздушных труб;

Манометр – его марка, предел измерения, цена деления, превышение над устьем;

Оборудование, используемое для измерения дебита, его цена деления, дата тарировки;

Оборудование, используемое для измерения уровня воды, его цена деления, дата тарировки;

Оборудование, используемое для измерения времени.

Во время проведения откачек должны фиксироваться:

Дата и время замера с точностью до минут;

Измерение уровней воды в скважинах в процессе опыта и в процессе восстановления, измерение дебита при откачке или наливе;

Измерение уровней воды в водоеме (при его наличии);

Контроль работы аппаратуры, регламентное обслуживание оборудования;

Фиксация гидрометеорологической обстановки – дождь, паводок, изменение атмосферного давления;

Фиксация аварийных ситуаций, их длительности;

Измерения глубины до забоя скважин по окончании откачки (налива);

Примечание (мутность воды, неполадки при производстве испытаний).

По результатам испытаний все данные заносятся в электронном виде

Частота измерений расхода и уровней воды определяется логарифмическим характером увеличения времени между ними. Измерения следует производить в следующие моменты после начала опыта: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100 минут, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5, 5, 5,5, 6, 7, 8, 9, 10 часов, далее интервал замеров 2 часа. При наличии автоматической системы замеров уровней (датчиков) допускается производить замер чаще.

Во время проведения опыта откачка воды не должна приводить к осушению фильтра или насоса, при наливе воды – к изливу на устье.

При преждевременном осушении или переливе, опыт следует остановить, дождаться восстановления и произвести новый опыт с меньшим значением дебита. Длительность восстановления определяется достижением статического уровня.

После остановки опытной откачки или опытного налива следует проводить наблюдения за восстановлением уровней воды в скважинах с частотой: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100 минут, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5, 5, 5,5, 6, 7, 8, 9, 10 часов, далее интервал замеров 2 часа.

Впоследствии составляется график изменения расхода откачиваемой воды во времени и изменения понижений уровней воды в центральной и наблюдательных скважинах во времени.

5.2. Геофизические исследования в скважине (ГИС)

Основными эффективными геофизическими методами, применяемыми в гидрогеологических скважинах в зависимости от поставленных задач на сегодняшний день, являются:

Кавернометрия (КМ);

Расходомерия (РМ);

Резистивиметрия (РЕЗ);

Термометрия (ТМ);

Измерение удельного сопротивления промывочной жидкости. Применяется для качественной и количественной оценки динамических процессов в скважине;

Кавернометрия.

Проводят с целью контроля состояния ствола скважины при бурении, получения сведений о среднем диаметре скважины при обработке материалов других геофизических исследований.

Измерение проводится при помощи специального прибора – каверномера. В результате проведенных измерений прибором формируется так называемая кавернограмма – кривая зависимости диаметра скважины от ее глубины. Каверны – это своеобразные пустоты в породах, которые могут образоваться в скважине. Каверномеры бывают механические и ультразвуковые. Первые позволяют приводить исследования механическим путем, вторые – работают на основе приема и передачи ультразвуковых колебаний.

Диаметр пробуренной скважины не всегда равен диаметру долота или бура, которым она бурилась. Причина этого – простые геологические и технические факторы. Например, во время прохождения бура сквозь слой солей или глинистых пород, соответствующие участки скважины будут иметь более широкий диаметр. Глинистые породы также могут вызывать образование глинистой корки в тех местах, где бур проходит проницаемые песчаники. Когда же происходит бурение сквозь известняки или доломиты, то фактический диаметр будет равен номинальному. При помощи кавернометрии в описанных случаях удастся определять геологический разрез скважины и выделять в ней пласты-коллекторы, а также нужное количество цемента для создания обсадной колонны.

Это позволяет держать под контролем состояние ствола скважины и определять в скважине места, которые требуют установки дополнительных устройств.

Расходомерия.

Сущность расходомерии заключается в том, что расход осевого потока воды, измеряемый с помощью глубинного расходомера в фиксированных точках по стволу скважины в режимах фонтанирования, налива или откачки, изменяется лишь в интервалах проницаемых пород, а в пределах водоупоров остается постоянным. Из-за неустойчивости стволов в рыхлом разрезе расходомерия может проводиться только в обсаженных трубами скважинах. Расходомерия проводится с шагом измерений 0,5-0,1 м в пределах фильтров и через 50 м в глухой колонне.

Глубина, мощность и структура проницаемых горизонтов устанавливаются непосредственно по форме расходограммы. В частности, структура проницаемого пласта фиксируется по характерным изменениям наклона расходограмм, причем точки излома фиксируют границы слоев, отличающихся по коэффициенту фильтрации

Расходомерия - весьма эффективное средство для послойного изучения фильтрационных свойств пород и руд, так как не только обеспечивает достаточно точное получение искомых характеристик, но и обходится значительно дешевле гранулометрических анализов.

Следует отметить, что серийные расходомеры обладают довольно низкой чувствительностью и потому не могут быть использованы для послойного изучения фильтрационных свойств в скважинах с небольшими дебатами.

Термометрия.

При гидрогеологических изысканиях измерения температуры в скважинах проводятся для решения различных задач.

В области распространения грунтов с отрицательной температурой эти задачи следующие:

- определение температурного режима грунтов в естественных и нарушенных мерзлотно-грунтовых условиях;

- определение температурного режима грунтов в процессе проведения специальных опытных работ.

В области распространения грунтов с положительной температурой:

- определение в процессе стабильной откачки местоположения водоносных горизонтов;

определение температурного режима воды по стволу скважины при стабильном режиме налива с целью определения фильтрационных характеристик грунтов;

определение температурных свойств слоев разреза по градиент-термограммам;

определение температуры воды по стволу скважины при оценке минерализации подземных вод по данным резистивиметрии.

Для измерения температуры в скважинах применяют термометр сопротивления, многозонный датчик температуры (термокоса), максимальный ртутный термометр.

Измерения температуры в скважинах проводятся при двух тепловых режимах: неустановившемся и установившемся.

Измерения при установившемся режиме проводятся для решения различных задач, в том числе выяснения температурного режима работы приборов, учета температуры при интерпретации данных каротажа, определения мест притока воды (поглощения) в скважины и т.д.

Измеренная при неустановившемся тепловом режиме температура значительно отличается от естественной температуры пород на соответствующей глубине. Разница тем больше, чем меньше времени прошло от момента прекращения циркуляции.

Измерения температуры при установившемся режиме проводят для определения естественной температуры пород. Измерения температуры в этом случае производят после длительного (больше 10 сут.) пребывания скважины в покое. Более точное значение времени пребывания скважины в покое устанавливаются для данного типа скважин и района по опытным замерам в различное время; допустимым считают такое время нахождения скважины в покое, после которого температура пород в любой точке скважины изменилась не более чем на 1°C в течение значительного (не менее суток) интервала времени.

Резистивиметрия.

Суть метода заключается в измерении удельного электрического сопротивления бурового раствора или жидкости, которой заполнена скважина. Определяется сопротивление водного раствора на основе изучения уровня содержащихся в нем растворимых солей.

В гидрогеологии резистивиметрию используют для определения динамических характеристик фильтрации подземных потоков. Эти изыскания производят в предварительно засоленных скважинах, где необходимо определить скорость опреснения электролита, что дает возможность судить о фильтрационных свойствах водоносного

горизонта. Изучаемая скважина должна быть необсаженная или оборудована фильтром, в интервале водоносного горизонта.

Перед засолением в скважине производится ряд геофизических исследований, в том числе и методами стандартного электрического и радиоактивного каротажа, термометрии, кавернометрии. Полученная в результате исследований кривая удельного электрического сопротивления жидкости, которой заполнена скважина, позволяет оценить естественную минерализацию подземных вод. Полученные в результате комплекса исследований кривые резистивиметрии позволяют определить зоны активного водообмена и выделить места притоков подземных вод в скважину.

5.3. Уточнение гидрогеологических параметров месторождения

Для уточнения среднего коэффициента фильтрации горных пород, карьера или подземного рудника рекомендуется использовать обратный расчет коэффициента фильтрации.

Как правило для расчета прогнозных водопритоков используется формула «большого колодца». Коэффициент фильтрации выражается из формулы, используются сведения о дренажных водах, откачиваемых в меженный период (дренажные воды, формирующиеся только за счет подземных вод без учета поверхностных вод).

Для безнапорного водоносного горизонта:

$$K = \frac{Q(lgR - lgr_0)}{1,36(h^2 - h_0^2)} \quad (5)$$

где: Q – расход дренажных вод в меженный период, м³/сут.

R – радиус влияния, рассчитывается по формуле Кусакина:

$$R = 2S\sqrt{KH} \quad (6)$$

S – понижение уровня подземных вод в контурах горной выработки, м;

K – коэффициент фильтрации, м/сут. Принимается по результатам опытно-фильтрационных работ;

H – напор от водоупора до уровня подземных вод на удаленной границе, м. Принимается как разница между глубиной установления подземных вод и глубиной карьера. Как правило соответствует понижению (S);

r₀ – приведенный радиус горной выработки, рассчитывается по формуле:

$$r_0 = \sqrt{\frac{F}{\pi}} \quad (7)$$

где: F – площадь горной выработки в м²;

h – мощность безнапорного водоносного горизонта, м;

h_0 – высота напора от водоупора на бортах карьера, м.

Для напорного водоносного горизонта:

$$K = \frac{Q(lgR - lgr_0)}{1,36 m(2H - m)} \quad (8)$$

где K – коэффициент фильтрации, м/сут по данным опытно-фильтрационных работ.

R – радиус влияния, рассчитанный в соответствии с формулой:

$$R = 10S\sqrt{K}, \quad (5)$$

r_0 – приведенный радиус горной выработки, рассчитывается по формуле (7)

H – высота напора, от водоупора до пьезометрического уровня, м.

m – мощность обводненной толщи, м.

Формула расчета радиуса влияния должна быть выбрана и обоснована гидрогеологом ГС УП, исходя из накопленной информации по гидрогеологическим условиям участка.

В сложных и особо сложных гидрогеологических условиях для установления положения депрессионной поверхности и прогноза водопритоков рекомендуется строить трехмерные гидродинамические модели в специализированном программном обеспечении Visual Modflow flex, Processing Modflow, Feeflow, GMS или аналогичной. Полученные в ходе исследований сведения о гидрогеологических условиях карьера или рудника могут быть использованы для калибровки параметров модели для достижения наилучшей сходимости реально наблюдаемых и расчетных уровней и водопритоков.

5.4. Гидрологическая съемка

В гидрогеологическую съемку входят следующие работы:

- планирование сети стационарных наблюдений за режимом поверхностных и подземных вод и за притоками воды в карьеры и подземные горные выработки, а также за инженерно-геологическими процессами с применением контрольно-измерительной аппаратуры;
- установление источников обводнения и изучение изменения режима притока вод с течением времени, взаимосвязь с временами года, с увеличением глубины разработки, площади выработанного пространства и т.д.;
- выявление участков, опасных по прорывам подземных вод и обводненных песчано-глинистых пород;
- выявление участков высачивания подземных вод в скальных и полускальных породах;
- оконтуривание зон распространения слабопроницаемых обводненных пород;
- ежемесячное формирование отчета о результатах съемки.

При выявлении нового или изменении параметров существующего участка обводнения (наледообразования) в горных выработках, составляется акт осмотра.

Необходимо выполнять маршрутные обследования состояния горных выработок с описанием участков обводнения (наледообразования) с измерением расходов воды, размеров наледообразования, отбором проб воды, льда, при необходимости, для анализа их химического состава. Результаты наблюдений фиксируются в журналах соответствующей формы для последующего анализа и интерпретации. Частота наблюдений за параметрами зависит от решаемых задач и прописывается при необходимости в положении подразделения предприятия, ответственного за гидрогеологические наблюдения. Маршрутные обследования должны производиться не реже 1 раза в месяц.

В ходе обследования уточняется гидрогеологическое строение месторождения: фиксируются водоносные горизонты и тонкие водоупорные слои, пропущенные при разведке месторождения: отмечается волнистость кровли водоупорного слоя, фиксируются изменения литологии и мощности водоносных и водоупорных пород, вскрытые горными выработками карстовые полости и тектонические зоны, характер трещиноватости пород (в том числе, плотных глинистых и слабосцементированных песчаных пород) и её изменение на отдельных участках. При обследовании поверхности вблизи месторождений особое внимание необходимо обращать на характер поверхностных отложений на участках возможных скоплений атмосферных, талых и технических вод.

Данные используются и непосредственно при локальном проектировании, например, для уточнения положения водопонижающих скважин или подземных дренажных выработок, при укладке прибортового дренажа и проходке горизонтальных скважин из карьера, при выборе профиля дренажных траншей и т.д.

При обследовании описываются наиболее характерные водопроявления: породы, к которым они приурочены, величины расходов, распределение высачивания по видимой поверхности горной выработки, характер деформаций пород и наледообразования на участках водопоявлений, намечаются характерные точки для постановки длительных наблюдений за вытекающими в горные выработки подземными водами. В ходе обследований описывается состояние самотечных водоотводных устройств, а также выявляются все бессточные скопления воды, возникающие за счет вод различного генезиса.

Оценка усредненной величины расхода подземных вод определяется по следующему алгоритму. При рассредоточенном выходе подземных вод необходимо

подготовить поплавок из нетонущего материала, часы или секундомер, рулетку или гидрометрическую вертушку и рулетку. Вдоль области высачивания прокопать водосборную канавку (при наличии возможности), измерить ширину и глубину канавки, запустить поплавок и измерить за какое время поплавок проходит расстояние не менее 1 метра.

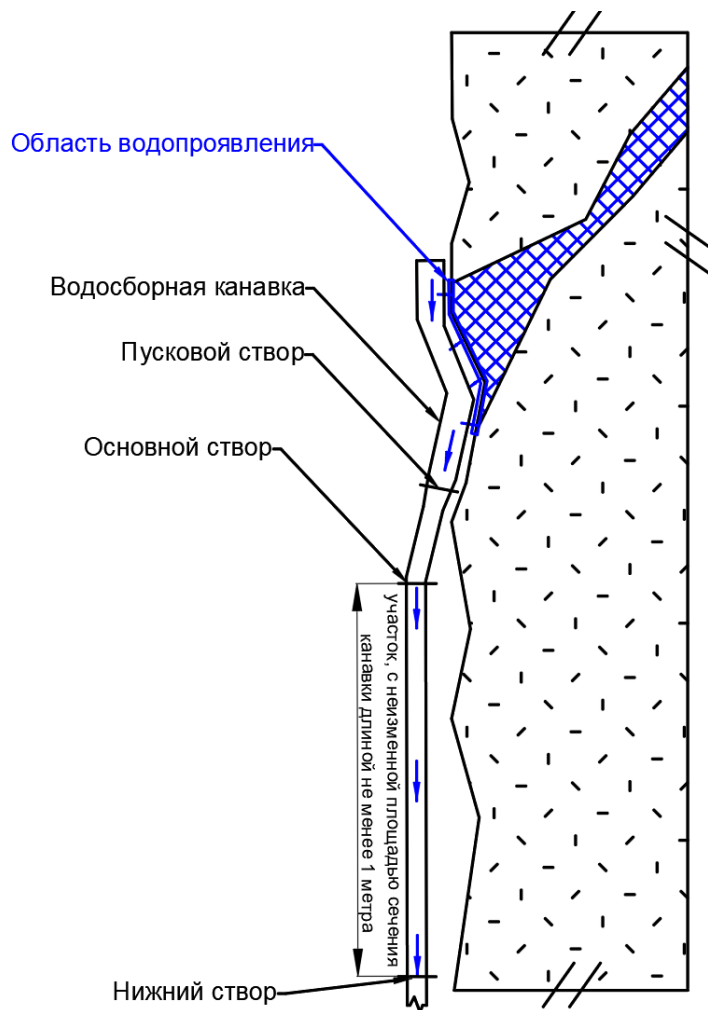


Рисунок 7 Схема измерения расхода рассредоточенных водопроявлений поплавковым методом

Измерение глубины канавки производится каждые 5-10 сантиметров от одного берега до другого. Среднее значение глубин является глубиной канавки. Длина канавки должна быть не менее 1 метра. Запуск поплавка необходимо производить минимум 3 раза в различных частях канавки, усредненную скорость использовать для дальнейших расчетов. Умножив площадь поперечного сечения канавки на скорость поплавка, рассчитывается усредненная величина расхода подземных вод. В случае использования гидрометрической вертушки/микровертушки усредненное показание скорости потока необходимо умножить на площадь сечения. Результаты представляются в единицах измерения – м³/час.

В случае проведения работ на открытых водотоках (реках/ручьях), расстояние между створами должно быть таким, чтобы поплавок преодолевал его не менее чем за 10 секунд. Створы на открытых водотоках должны быть постоянны, количество промеров глубины должно быть не менее 20 штук. Промер осуществляется в обе стороны. Расстояние между промерами глубин должно быть одинаковое. Периодичность замеров на открытых водотоках определяется ГС УП и согласовывается с ГО УК.

При сосредоточенном выходе подземных вод необходимо подготовить мерную емкость, часы или секундомер. При измерении расходов подземных вод, оценить за какое время заполняется мерная емкость с известным объемом. Полученные данные позволяют принимать оперативные производственные решения по дренированию тех или иных конкретных участков. Результаты представляются в единицах измерения м³/час.

В ходе обследования фиксируются и описываются все деформации пород в различных частях горных выработок (кровле, бортах, почве), в откосах отвалов, вызванные подземными и поверхностными водами, выявляются причины и механизм деформирования, описываются масштабы процесса, сообщается (посредством электронного письма) специалистам-геомеханикам ОГП и главным инженерам рудника и ГОКа.

При обследовании также описываются деформации пород, нарушающие работы дренажных устройств – запыление канав и траншей, разрушение отдельных участков прибортового дренажа и т.д.

Во время выполнения гидрогеологической съёмки при отсутствии развития негативных гидрогеологических процессов места выхода подземных вод, их характер, глубина уровней подземных вод записываются на распечатанный план горизонта или распечатанный участок карьера. При наличии негативных гидрогеологических процессов (суффозия, карст, вымывание, просадка поверхности) либо их возможности описание участка обводнения дополнительно заносится в **форму 1** или в **форму 2** (в зависимости от того, исследуется карьер или подземный рудник).

Гидрогеологическая информация применяется для установления конфигурации депрессионной поверхности подземных вод в прибортовом массиве горных пород и в контуре подземного рудника, выделения участков повышенной водообильности, приуроченных к разломам или к зонам повышенной трещиноватости, оценки суффозионного выноса из локальных зон, оценки скорости снижения напоров подземных вод при осушении. Информация используется для обеспечения устойчивости горных выработок.

Во время производства гидрогеологической съемки производится отбор проб, частота отбора проб зависит от гидрогеологического и геохимического состояния, но не реже 1 раза в 6 месяцев. Химический анализ проб производится в лаборатории фабрики или в любой аккредитованной лаборатории.

На актуальном плане горных работ в формате “Autocad” отметить интервалы и конфигурацию высачивания (наледобразования), области вскрытия таликовых зон с указанием дат их изучения. План схему необходимо дополнять условными обозначениями (Рисунок 6) и, при необходимости, дополнительными комментариями. Каждая съемка выносится на отдельный слой. Пример оформления представлен на Рисунок 7, Рисунок 8.

Условные обозначения

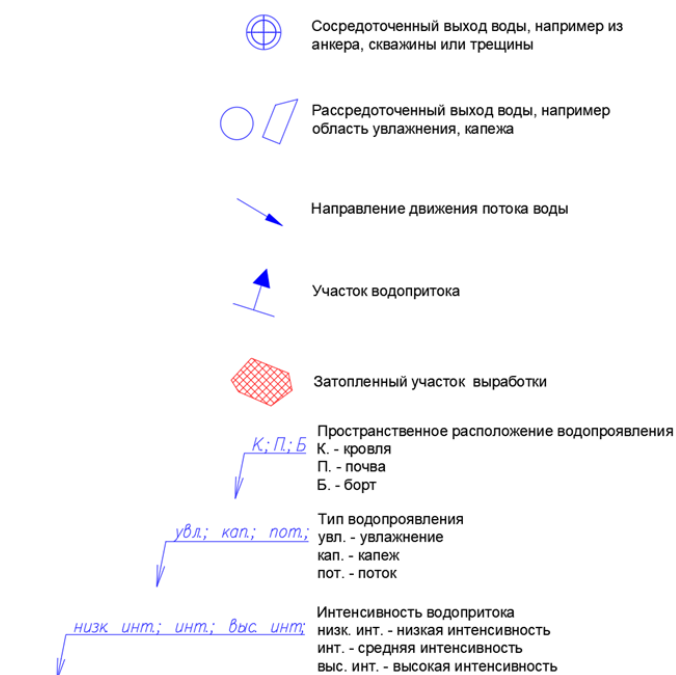


Рисунок 8 Условные обозначения для план схем гидрогеологических съемок

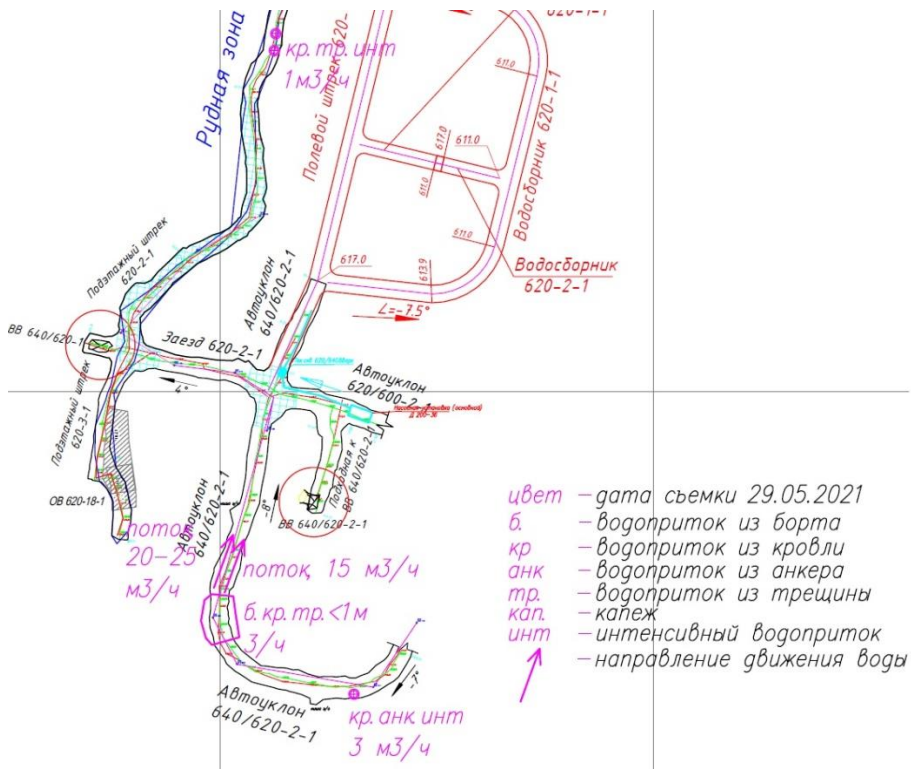


Рисунок 9 Пример оформления гидрогеологического картирования подземных горных выработок

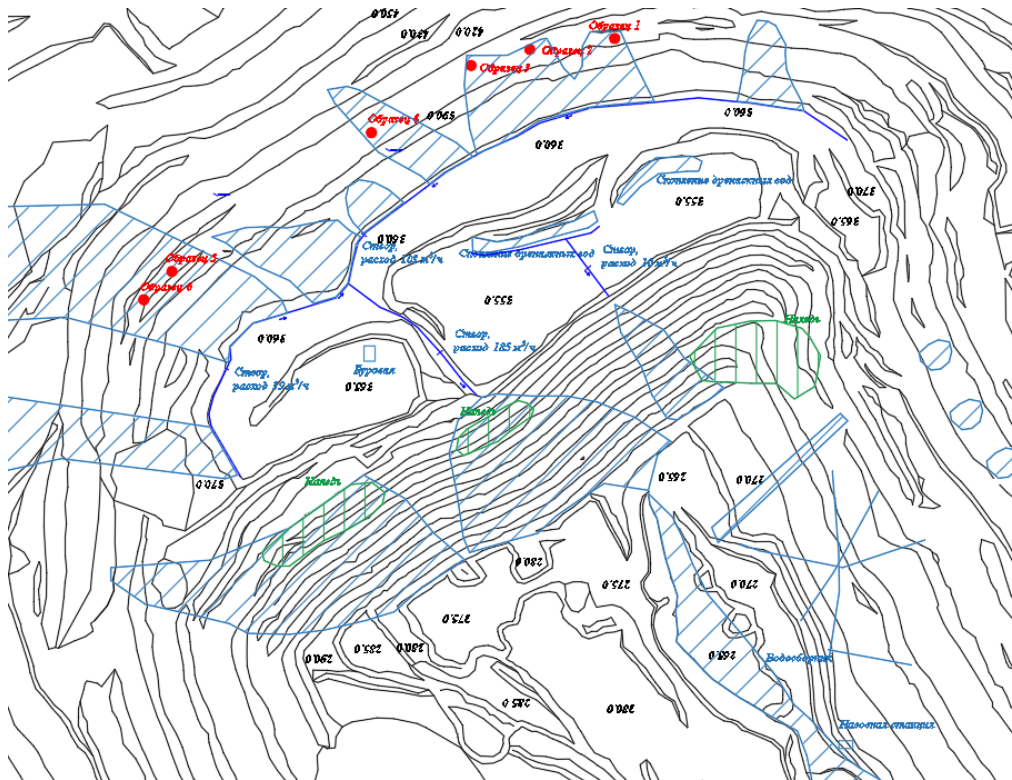


Рисунок 10 Пример оформления гидрогеологического картирования открытых горных выработок

5.5 Ведение и контроль за актуализацией схемы системы водоотведения и осушения

Гидрогеологи ГС УП осуществляют:

- ведение схемы системы водоотведения и поддержание её в актуальном состоянии;
- контроль за своевременным обозначением изменений схемы системы водоотведения на графических планах, графическом представлении системы водоотведения;
- контроль за своевременной подачей информации об изменении системы водоотведения службами, занимающимися водоотведением/осушением горных выработок.

Для качественной оценки работы системы водоотведения необходимо производить постоянную актуализацию схем системы водоотведения/осушения. Участок/служба занимающийся водоотведением/осушением при любом изменении элементов системы водоотведения должен сообщать об этом ГС УП. Помимо этого, 2 раза в месяц гидрогеолог запрашивает информацию о каких-либо изменениях в схеме у участка занимающимся водоотведением. Сама схема должна включать в себя:

Положение насосного агрегата;

1. Координаты насосного агрегата;
2. Место, куда производится откачка вод;
3. Дата установки насосного оборудования;
4. Инвентарный номер насоса;
5. Полное название насоса;
6. Наличие дополнительного оборудования на насосе;
7. Инвентарный номер расходомера (счетчика воды), при его наличии;
8. Тип насосного оборудования (основной/резервный);
9. Внутренний диаметр трубного става;
10. Протяженность трубного става;
11. Тип трубного става (основной/резервный);
12. Объем водосборника, при его наличии;
13. Способ откачки подземных вод (скважина/транзит/водосборник);
14. Наличие утепления трубного става;
15. Производительность насосного оборудования, при отсутствии расходомеров.

Пример оформления табличного вида схемы системы водоотведения (Рисунок 9)

Положение насосного агрегата	Координаты насоса			место, куда производится откачка	дата установки	инв. номер насоса	Установленный насос	Дополнительное оборудование на насосе	Номер расходомера	Тип насоса (резервный/основной)	внутренний диаметр трубного става, мм	протяженность трубного става, м	Тип трубопровода (резервный/основной)	Объем зумпфа, м ³	Тип откачки (скважина/транзит/водосборник)	Утепление	Дебит насоса, м ³ /ч
	X	Y	Z														
Рудная зона № 1																	
Горная выработка 1	X	Y	Z	Штольня №1	01.01.2021	1A1	D250-125	расходомер+ счетчик электроэнергии	111	основной	159	860	основной	2000	водосборник	утеплен, без термокабеля	240
	X	Y	Z	Штольня №2	01.01.2021	1A2	D200-90			резервный	159	778	резервный		водосборник	утеплен, без термокабеля	190
Горная выработка 2	X	Y	Z	Горная выработка 1	01.01.2021	1A3	D200-90	расходомер	112	основной	159	214	основной		транзит	не утеплен	190
				Горная выработка 1	Насос не установлен							159	214			резервный	не утеплен
Горная выработка 3	X	Y	Z	Горная выработка 2	01.01.2021	1A4	д 250-125	расходомер	113	основной	100	40	резервный	1200	водосборник	не утеплен	240
					01.01.2021	1A5	д 250-125			резервный	100	60	основной			водосборник	не утеплен
					Насос не установлен							100	60	основной	водосборник	не утеплен	-
Горная выработка 4	X	Y	Z	Горная выработка 3	01.01.2021	1A6	д 200-90	расходомер+ счетчик	114	основной	100	478	основной	2500	водосборник	не утеплен	210
					01.01.2021	1A7	д 200-90			резервный	100	478	основной			не утеплен	210
Горная выработка 5	X	Y	Z	Горная выработка 3	01.01.2021	1A8	D250-125			основной	100	56	основной	800	водосборник	не утеплен	222
																основной	100
Горная выработка 6	X	Y	Z	Горная выработка 5	01.01.2021	1Г1	гном 50-25			основной	100	90	основной	забой	водосборник	не утеплен	47
Горная выработка 7	X	Y	Z	Горная выработка 5	01.01.2021	1Г2	гном 50-25			основной	100	90	основной	забой	водосборник	не утеплен	48
Карьер №1																	
Горизонт 1	X	Y	Z	Пруд осветитель 1	01.01.2021	1A9	д 250-125	расходомер+ счетчик электроэнергии	115	основной	159	30	основной	1400	водосборник	утеплен, с термокабелем	210
Горизонт 2	X	Y	Z	Горизонт 1	01.01.2021	1A10	д200-36			основной	127	120	основной	1200	водосборник	не утеплен	210
Горизонт 3	X	Y	Z	Горизонт 1	01.01.2021	1Г3	гном 50-20			основной	100	58	основной	забой	водосборник	не утеплен	65
Горизонт 4	X	Y	Z	Горизонт 1	01.01.2021	1Г4	гном 50-20			основной	100	100	основной	забой	водосборник	не утеплен	45
Горизонт 5	X	Y	Z	Горизонт 1	01.01.2021	1A11	д200-90	расходомер+ счетчик электроэнергии	116	основной	127	100	основной	900	водосборник	не утеплен	176
Горизонт 6	X	Y	Z	Горизонт 1	01.01.2021	1A12	д 200-36			основной	127	100	основной	800	водосборник	не утеплен	186
Скважина 1	X	Y	Z	Пруд осветитель 1	01.01.2021	1Г3	эщв 4-4-45			основной	56	58	основной	скважина	забой	не утеплен	4
Скважина 2	X	Y	Z	Пруд осветитель 1	01.01.2021	1Г4	эщв 4-4-45			основной	56	100	основной	забой	скважина	не утеплен	4

Рисунок 11 Пример табличного вида схемы системы водоотведения

Помимо табличного вида, на погоризонтных планах и планах поверхности в программе autocad необходимо сделать отдельный слой с элементами системы водоотведения (Рисунок 10). На графическом виде должны быть отображены:

1. Положение насосного оборудования;
2. Наименование насосного оборудования;
3. Наличие технологических скважин для трубных ставов;
4. Внутренний диаметр трубных ставов;
5. Наличие дополнительного оборудования (расходомеры/электросчётчики);
6. Обозначена линия трубопровода в формате 3д-полилинии;
7. Обозначено место сброса воды;
8. Положение зумпфов/водосборников и их объем в м³.

При соблюдении данных условий на месторождении всегда будет актуальная информация по тому, как производится откачка подземных вод.

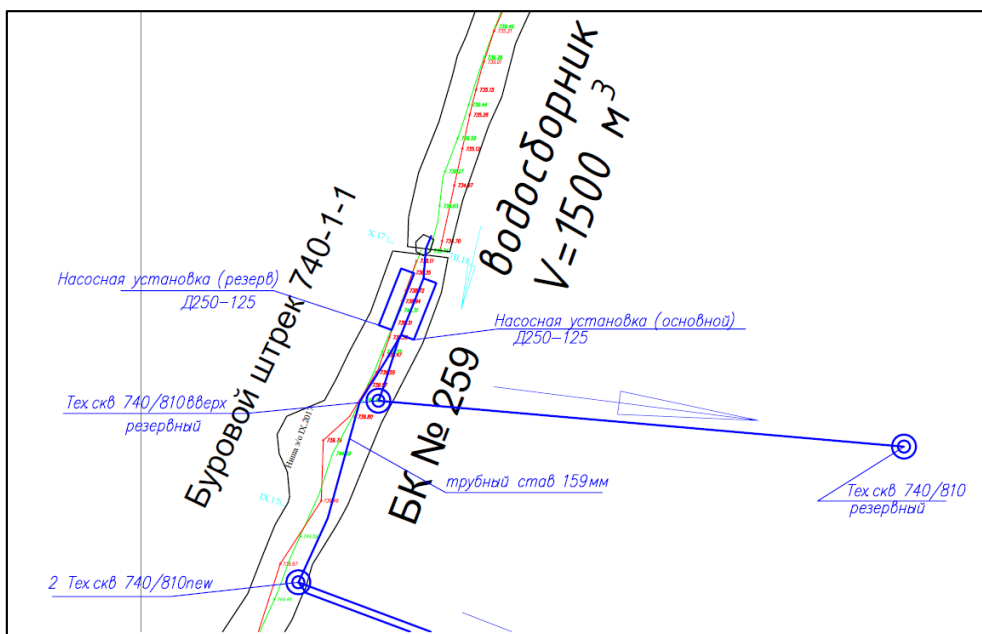


Рисунок 12 Пример обозначения схемы системы водоотведения на плане горизонта

6. Анализ состояния гидрогеологической изученности месторождения «Дукат»

Эксплуатация золото-серебряного месторождения «Дукат» начата в 1978 году. В соответствии с проектом геологоразведочных работ, на месторождении в 1972 – 1976 годах гидрогеологическая экспедиция Северо-Восточного территориального геологического управления (СВТГУ) выполнила комплекс гидрогеологических и инженерно-геологических работ. Целью которых являлись оценка водопритоков в подземные горные выработки, решение вопроса водоснабжения подземного рудника «Дукат». Более поздних масштабных гидрогеологических исследований не проводилось. Работы по составлению Государственной геологической карты масштаба 1:200 000 на территорию листов Р-56-ХII и Р-56-ХVIII выполнены в 1992 – 2000 г.г. (автор - Ливач А.Э.) Региональные гидрогеологические съемочные работы не проводились. Для прогноза водопритоков в подземные выработки производилось бурение гидрогеологических скважин в центральной части месторождения, и на его флангах. На основании проведенных откачек установлены ориентировочные фильтрационные характеристики. Во время гидрогеологических изысканий 1972-1977 годов на подмерзлотный водоносный комплекс было пробурено 5 скважин (рисунок 1): - скважина 34 в истоке ручья Смелый; - скважина 33 в истоке ручья Левая Брекчия; - скважины 51г и 51гн в штольне 10 штрек 11, горизонт 860-880; - разведочная скважина 358 к северо-западу от скважин 51 и 51г. Абсолютные отметки подошвы многолетнемерзлых пород (ММП) по результатам изысканий составили от 680 до 770 м. Комплексы спорадического обводнения пород характеризуются напорным режимом подземных вод. Скважинами 51г и 51гн были опробованы комплексы нижнемеловых эффузивных образований спорадического

обводнения. По результатам опытно-фильтрационных работ (ОФР) были рассчитаны гидрогеологические параметры подмерзлотного водоносного горизонта. Величины удельных дебитов скважин от 0,004 л/(с·м) (скв 34) в слабопроницаемых блоках пород и до 0,08 л/(с·м) (скв 51г) вблизи тектонических нарушений. Проницаемость характеризовалась как низкая: величина водопродимости в основном составляла 5-8 м²/сут, увеличиваясь до 14,3 м²/сут (скв 51г) вблизи тектонических нарушений. Пьезопроводность по результатам ОФР составила около 3·10⁻⁵ м²/сут. В целом по результатам исследований величина проводимости для эффузивных образований спорадического обводнения колеблется от 2,8 до 14,3 м²/сут.

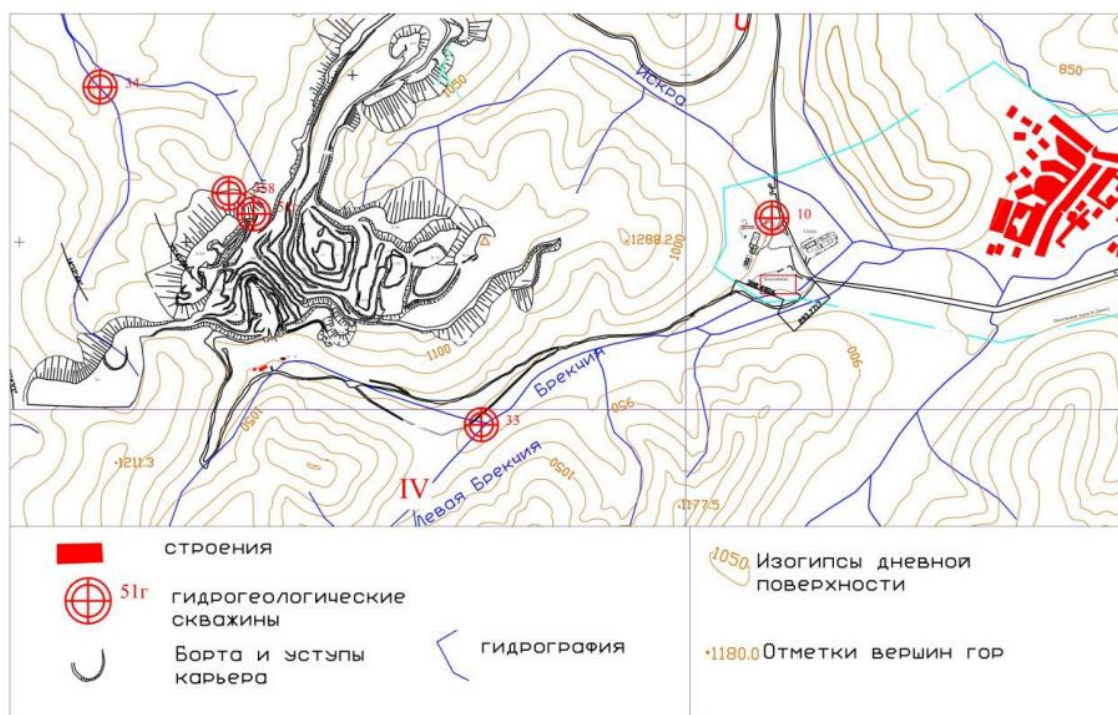


Рисунок 13 Положения гидрогеологических скважин во время разведки 1972-1977 гг.

Исследуемая территория исходя из мощности толщи многолетнемерзлых пород (ТМП) и её температуры входит в III температурный район. Многолетнемерзлые породы широко распространены в районе месторождения, занимая всю его площадь. Площади низкогогорья и среднегорья характеризуются повсеместным распространением ТМП, мощностью от первых десятков до 200 метров для низкогогорья, 300-450 м и более для среднегорья. Для площадей днищ долин водотоков характерна сложная по конфигурации нижняя граница ТМП и её прерывистость в плане. Мощность ТМП не превышает 150 м. Положение верхней границы ТМП почти повсеместно определяется мощностью сезонно-талого слоя (СТС), изменяющегося в зависимости от экспозиции склона от 0,4 - 0,6 м в делювиально солифлюкционных отложениях, до 2-3 м и более – в грубообломочных образованиях. В пределах пойм и надпойменных террас, СТС переходит в устойчивый надмерзлотный

(несквозной) талик. Такие талики характерны для пойм всех более или менее крупных водотоков района. Ширина надмерзлотных таликов обычно невелика (50 – 100 м), мощность не превышает 15 м. На отдельных участках водотоков надмерзлотные талики переходят в сквозные. В 2017 – 2018 годы во время бурения разведочных скважин в первой рудной зоне были вскрыты напорные подмерзлотные воды. Из буровой камеры №259 в буровом штреке 740-1-1 были пробурены две разведочных скважины №№103010 и 103007 (рисунок 2) длиной 83,0 и 76,3 м соответственно, которые вскрыли напорные подмерзлотные воды на абсолютных отметках 669 и 687 м соответственно. Из буровой камеры №241 находящийся вблизи рудных штреков 760-1-1 и 760-2-1 были так же пробурены две разведочных скважины №№ 103304 и 103607 (рисунок 3) длиной 81,5 и 85,1 м, которые вскрыли напорные воды на абсолютных отметках 668,8 и 683,8 м соответственно. Специальных гидрогеологических исследований проведено не было.

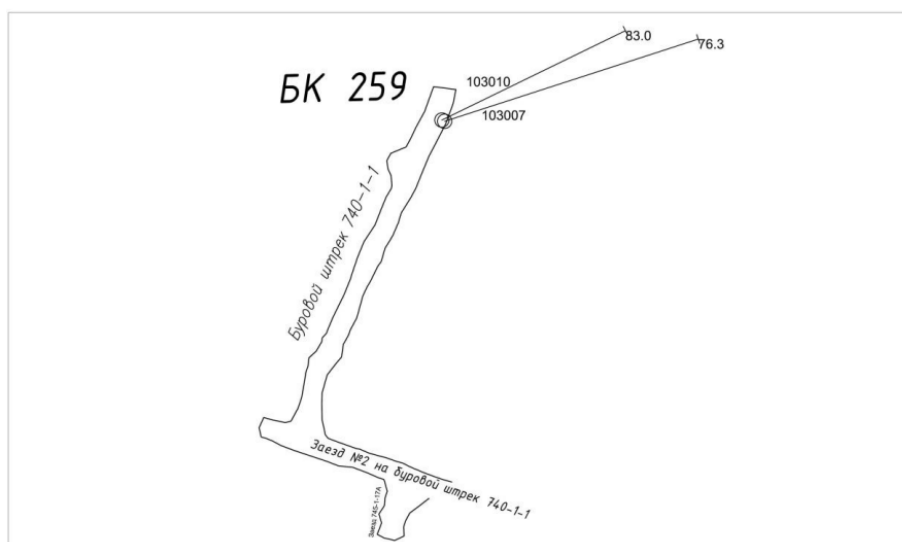


Рисунок 14 План расположения разведочных скважин, пройденных с 740 гирозонта, вскрывших напорные воды

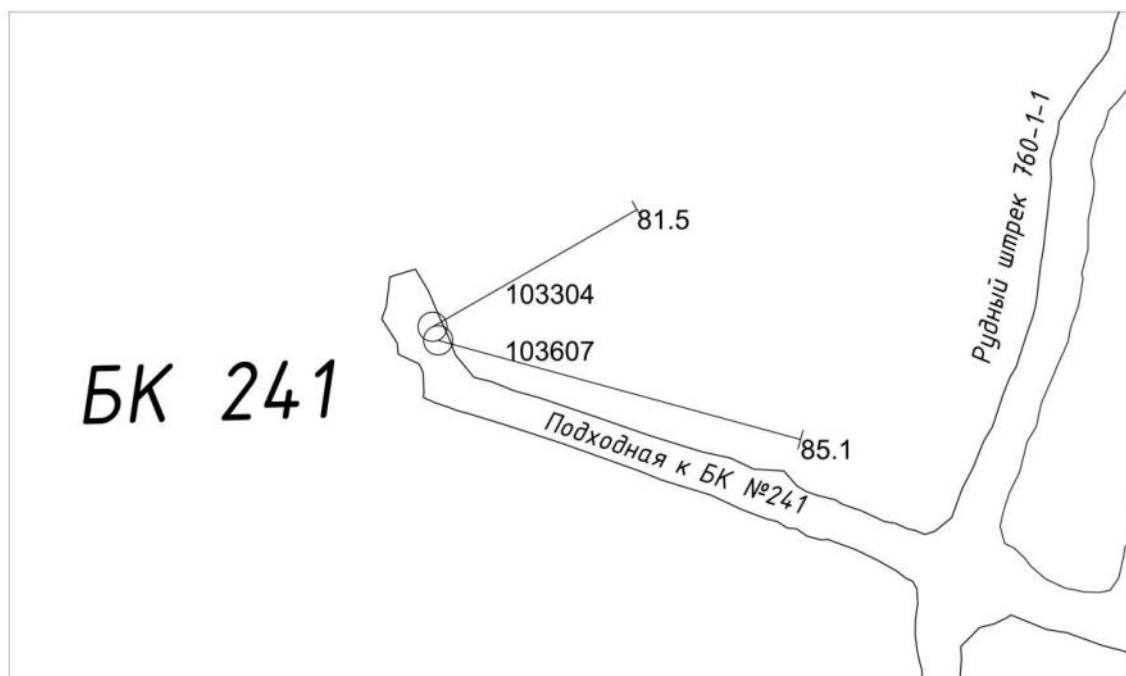


Рисунок 15 План расположения разведочных скважин, пройденных с 760 горизонта, вскрывших напорные воды

6.1. Полевые гидрогеологические исследования

С целью расчёта притоков подземных вод в проектные горные выработки и оценки уровня режима на руднике «Дукат» техническим заданием, наряду с другими видами работ, было предусмотрено выполнение полевых гидрогеологических исследований. Для выполнения гидрогеологических исследований в штреке 740-1-1 первой рудной зоны были пробурены 3 опытные скважины на расстоянии 17-30 м друг от друга. Маркшейдерской службой Заказчика была произведена высотная и плановая привязка скважин, план расположения скважин №1-3 представлен на рисунке 4, абсолютная отметка штрека +740 м.



Рисунок 16 Схема расположения опытных скважин №1-3

Выполненные полевые гидрогеологические работы включали в себя:

- сопровождение буровых работ;

- расходомерический каротаж в скважинах № 1 и 2;
- термометрический каротаж в скважине № 1 и №2;
- проведение 3 кустовых выпусков;
- режимные наблюдения в период проведения полевых работ;
- отбор проб на химико-аналитические исследования.

Выполненные работы были направлены на определение фильтрационных параметров подмерзлотной водоносной зоны, а также на уточнение границ распространения ТМП. Сопровождение бурения. После завершения непосредственно самих буровых работ в скважине № 1 и 2 совместно с буровым Подрядчиком был произведен спуск греющего кабеля, также в скважинах № 1 и 2 поочередно была установлена термометрическая коса (рисунок 15). Оголовки скважин оборудовались пакерными устройствами с запорной арматурой, предотвращающей самопроизвольный излив напорных вод из скважины в выработку. Следует отметить, что герметизация оголовков самоизливающих скважин с расходом 15-40 м³/час и напором над устьем около 95 м, являлась не тривиальной задачей.



Рисунок 17 Термометрическая коса

Расходомерический каротаж. После завершения буровых работ, до установки пакеров, в скважинах производился расходомерический каротаж. Данный метод каротажа основан на определении профиля расхода потока по стволу скважины при свободном изливе воды

через устье. Посредством спуска расходомера СОВА-С9РЦ-54-80 (рисунок 6) в скважину, производилась поинтервальная фиксация частоты вращения крыльчатки устройства. Каротаж производится на всю глубину скважин. В скважине №1 в интервалах с повышенными водопритоками каротаж проводился с интервалом в 1 м, на остальных участках показания прибора фиксировались каждые 5 м (приложение Б). Условно принималось что частота вращения турбинки прибора прямо пропорциональна расходу потока воды. Объемы выполненного каротажа сведены в таблице 3

Таблица 3 Объем каротажных работ

№ скважин	Дата	Метры погонные	Количество точек замера, шт.
2	5.10.18	170	21
1	10.10.18	170	25

Проведение расходомерии ограничивается линейной скоростью движения воды по стволу скважины, то есть при высоких значениях скорости использование имеющегося в наличии расходомера невозможно в связи с подъемом прибора восходящим потоком из скважины. По результатам бурения было выявлено, что расход в скважине № 3 в несколько раз выше, чем в скважинах № 1,2. Расход воды имеет прямо пропорциональную связь с её скоростью, следовательно, скорость движения потока в скважине № 3 также выше в несколько раз, по этой причине проведение расходомерического каротажа оказалось невозможным.



Рисунок 18 Расходомер СОВА-С9РЦ-54-80

Термометрические исследования. Установленная в скважину № 1 термометрическая коса (рисунок 5), осуществляла температурные измерения на глубине до 140 м (абс. отм. плюс 500 м), данные были получены с помощью логгера (рисунок 7). В течение 2-х недель ведения термометрических наблюдений не зафиксировано существенного изменения

температуры в исследуемой скважине (приложение В). Это может свидетельствовать о том, что пакер не герметичен, и вода постоянно растекает скважину, в связи, с чем вымораживание термокосы не представляется возможным.



Рисунок 19 Логгер термометрической косы

Опытно-фильтрационные работы. Основной целью данных гидрогеологических исследований является определение водопроницаемости и пьезопроводности подмерзлотной водоносной зоны. В процессе бурения скважин была вскрыта вышеуказанная зона, что привело к нарушению естественного уровня режима. Выполнение опыт-фильтрационных работ было проведено после восстановления изначальных напоров подземных вод (после выстойки скважин). Одновременно с восстановлением естественных уровней производилась подготовка к гидрогеологическим испытаниям. Подготовительный этап включал организацию водоотведения и установку необходимого оборудования. Проведенные опыт-фильтрационные работы заключались в проведении 3 опытных выпусков из скважин, соответственно с наблюдением за снижением и восстановлением напоров. В связи с естественным высоким напором подземных вод отпала необходимость в использовании погружного насоса. Выпуск воды производился самотеком в специально подготовленный трубный став. Из става вода собиралась в зумпф объемом 1500 м³. Выпуск воды осуществлялся до наступления квазистационарного режима (стабилизация понижений), после чего проводились наблюдения за восстановлением уровней. Величины максимальных понижений (S), достигнутых в наблюдательных скважинах куста представлены в таблице 2.

Таблица 4 Величины максимальных понижений в наблюдательных скважинах при опытных выпусках

№ опытной скважины	Понижение , м		
	Скв №1	Скв №2	Скв №3
1	-	14,38	Датчик выведен из строя
2	16,11	-	14,2-5
3	28,15	28,23	

Восстановление уровней в скважинах производилось до значения $(0,8 \div 1) \cdot S$, после чего начинался выпуск воды из следующей скважины. Опытно-фильтрационные исследования проводились в порядке от скважины № 3 к скважине № 1. Режимные наблюдения включали в себя наблюдения за изменением уровней и температуры в скважинах. Перед сбросом воды из трубного става в зумпф, осуществлялся замер расхода воды (Q). В ходе первой кустовой откачки (скв. № 3), движущаяся с большой скоростью вместе с потоком воды, дресва риолитов вывела из строя механический водомер (рисунок 18), повредив крыльчатку. В связи с этим замер расхода производился объёмным методом 14 (рисунок 9). В качестве измерительной аппаратуры использовалась пластиковая емкость, объемом 2 м³ и секундомер. Средние значения расходов, полученных при проведении опытно-фильтрационных работ представлены в таблице 5

Таблица 5 – Значения дебитов скважин во время проведения ОФР

Номер скважины	Дебит скважины	
	М ³ /час	М ³ /сутки
1	18,8-16,8	454,7-403,7
2	20,5-18,6	493,7-446,5
3	35,3-31,0	847,0-744,8



Рисунок 20 Водомер механический



Рисунок 21 Замер расхода (заполнение измерительной ёмкости)

Измерение уровней подземных вод осуществлялось датчиками гидростатического давления со встроенным логгером (рисунок 20), которые устанавливались на устьях скважин. На рисунке 21 показан процесс снятия показаний с датчиков гидростатического давления. Журналы замера уровней и расхода при опытных выпусках воды приведены в приложении А.



Рисунок 22 Датчик гидростатического давления



Рисунок 23 Снятие показаний с датчика гидростатического давления с помощью

По окончании кустовых откачек, был произведен отбор проб воды в объёме 10 литров на сокращенный и развернутый химический анализ. Пробы были отобраны в скважинах № 1 и 3, аналитические исследования выполнялись в специализированной аккредитованной лаборатории Заказчика.

6.2. Результаты расходометрических исследований

Графики изменения частоты вращения турбинки расходомера приведены на рисунках 12 и 13. Результаты интерпретации каротажных диаграмм приведены на рисунках 14 и 15. В обеих скважинах выявлены интервалы высокой проницаемости. В скважине 2 это глубины 105-130 м с пиком 115-120 м, в скважине 1 – 107-120 м с пиком в интервале 107-110 м.



Рисунок 24 Диаграмма расходомерического каротажа в скважине 2



Рисунок 25 Диаграмма расходомерического каротажа в скважине 1

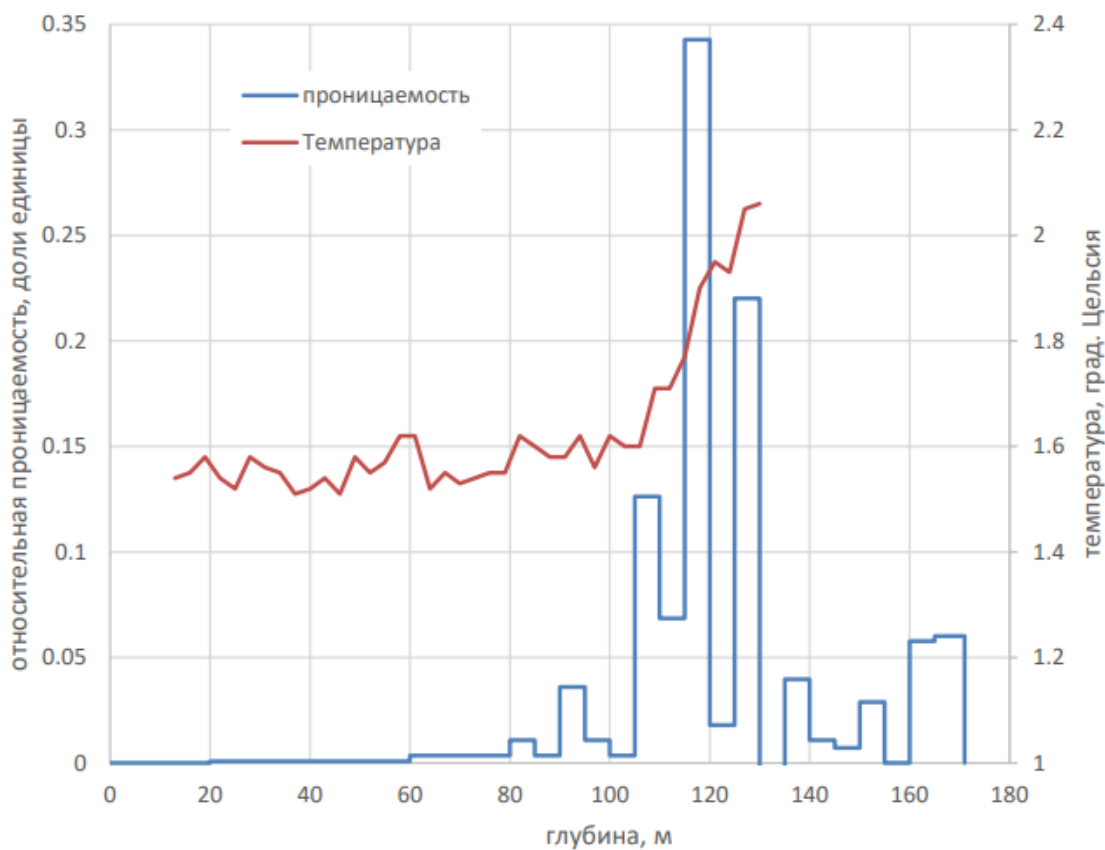


Рисунок 26 Совмещенная диаграмма изменения проницаемости горных пород и температура в скважине 2

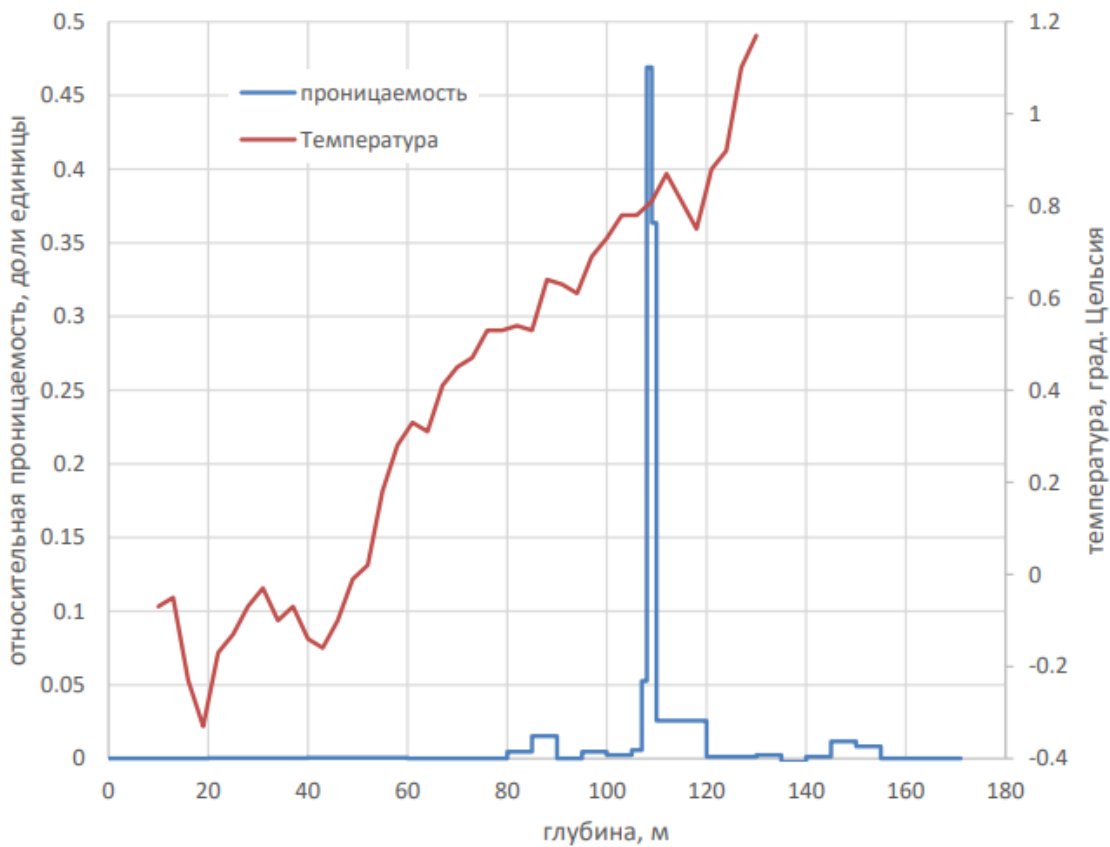


Рисунок 27 Диаграмма изменения проницаемости горных пород в скважине 1

На приведенных диаграммах (рисунки 24,25) видно, что результаты термометрии коррелируют с прямыми измерениями относительной проницаемости горных пород при расходометрическом каротаже. Несмотря на то что желаемого замораживания стволов скважин не удалось добиться по результатам термометрии в скважине 2 прослеживается резкий рост температуры с глубины 105 м, что соответствует верхней границе зоны повышенной проницаемости горных пород. В скважине 1 не столь четко, как в скважине 2, но все же отмечается рост температурного градиента с глубины 115-200 м, что примерно соответствует положению зоны повышенной проницаемости.

7. Геофильтрационная модель района «Дукат»

Подземная отработка полезного ископаемого (ПИ) на руднике «Дукат» выполняется штольневым способом с вскрытием рудных зон и жил подэтажными штреками. До 2017 года добыча проводилась в толще многолетнемерзлых пород (ТМП). Начиная с 2018- 19 гг. подземные выработки вскроют подмерзлотный водоносный комплекс. Может возникнуть реальная угроза затопления рудника. На участке Центральный, при проходке наклонных съездов 740/725-1-1 и 740/725-2- 1 отмечалось подтопление забоев, путем поступления воды через почвы выработок из подмерзлотной водоносной толщи. Расход воды, поступавший на забои выработок, незначительный – вода накапливается за сутки на участках длиной до 5 м, глубиной 0,1- 0,4 м. [1] Подмерзлотный водоносный комплекс в границах детально разведанной площади Дукатского рудного поля вскрыт и опробован двумя сближенными специальными гидрогеологическими скважинами глубиной по 300 м, пройденными из штольни 10 (разведочный горизонт с абсолютной отметкой 860 м). Нижняя граница толщи ММП по ним отмечена на глубине 125 м, отсчитывая от подошвы штольни 10. Вскрытые скважинами подмерзлотные воды обладают напором 107-108 м, пьезометрический уровень находится на отметке 842-843 м. В ноябре 2017 года скважины 103007 и 103010, пробуренные с горизонта +740 м на глубинах 76,3 м (абс. отм. 686,8 м) и 83,0 м (абс. отм. 667,7 м) соответственно, в сильнотрещиноватых риолитах вскрыли напорные подмерзлотные воды. Т.е. подтвердился факт наличия напорных вод локально-водоносной зоны трещиноватости подмерзлотного водоносного комплекса ниже абсолютных отметок +690-680 м. [1]. Подмерзлотная водоносная толща опробована тремя скважинами, пройденными в 2018 г. в рамках настоящих работ [5]. Сложившаяся неблагоприятная гидрогеологическая ситуация и наличие сложных условий питания и разгрузки подземных вод, создали необходимость применения численного

геофильтрационного моделирования для оценки водопритоков в проектируемые выработки. Численные геофильтрационные модели разрабатываются с целью анализа и прогноза фильтрации подземных вод в сложных гидрогеологических условиях и помогают оценивать и прогнозировать фильтрационный режим с учетом функционирования различных дренажных элементов. Модель предоставляет собой постоянно действующее средство планирования, которое позволяет выполнять оценки в изменяющихся условиях, принимать обоснованные решения о потенциальных воздействиях на систему. В соответствии с техническим заданием расчетные исследования направлены на: - оценку водопритоков в горные выработки золото-серебряного месторождения «Дукат» при последовательной разработке горизонтов +690 м, +675 м, +660 м, +640 м, +621 м; - оценку эффективности предлагаемых вариантов водопонижительных мероприятий. Комплекс работ включает разработку модели золото-серебряного месторождения «Дукат». Разработка геофильтрационной модели начинается с выбора вычислительных средств и методов, схематизации природного строения водовмещающего массива и создания концептуальной модели, на основе которой строится численная модель. Расчетная часть исследований состоит из верификации и валидации модели путем калибровки её прогонкой тестовых эвристических задач с оптимизацией по заданным параметрам и собственно прогнозных расчетов. Разработка численной геофильтрационной модели состоит из нескольких последовательных этапов:

1. Первый этап – разработка концептуальной модели фильтрации. Проводится схематизация гидрогеологических условий, выбор габаритов модели, создание её геометрического образа, задание свойств у всех элементов области фильтрации, определение положения границ и гидродинамических условий на них.
2. На втором этапе разработки производится калибровка модели по натурным данным о расходах гидрогеологических скважин, вскрывших подмерзлотный водоносный комплекс, а также зафиксированных напорах данного в.к. Калибровка осуществляется путем решения обратной задачи фильтрации для известных условий, соответствующих им значений напора и расхода в ряде точек – эвристическая задача. Решение эвристической задачи проводится в стационарной постановке.
3. На третьем этапе проводится решение прогнозной задачи с использованием откалиброванной фильтрационной модели. При рассмотрении третьего этапа моделирования оценивалось: а) распределение среднегодовых водопритоков в выработки при последовательной разработке горизонтов, залегающих ниже а.о.+710 м; б) прогнозное время снижения уровня подмерзлотного водоносного комплекса по площади разработки

посредством разгрузочных скважин Первая часть задачи решается в стационарной постановке, вторая – в нестационарной постановке, т.к. интерес представляет изменение напоров подземных вод во времени.

7.1. Разработка концептуальной модели

7.1.1. Вычислительные средства

Численная геофильтрационная модель реализована в интегрированной среде для трехмерного моделирования движения подземных вод Visual MODFLOW, номер лицензии VMP993G-460-2133058252-1362. Базовый вычислительный модуль MODFLOW – программа Геологической службы США, реализующая блочно-центрированный балансовый метод конечных разностей (МКР) применительно к условиям нестационарного (в частном случае стационарного) трехмерного, неоднородного по фильтрационным свойствам потока, была создана Michael G., McDonald и Arien W. Harbaugh в 1988 г., и в дальнейшем дополнена редакциями 1996, 2000 и 2005 гг. В основу программы положен алгоритм решения системы неявных нелинейных в общем виде уравнений методом итерационных процедур: строгой неявной процедуры Стоуна (SIP) и верхней релаксации (SSOR). По выбору вычислителя могут быть использованы также некоторые другие методы расчета (сопряженных градиентов, неполной факторизации и др.). Вопрос сходимости итерационных процедур является центральным как с точки зрения скорости счета, так и с позиций точности результата (чем быстрее сходимость, тем выше и точность). Поэтому в рамках итерационных методов используются чисто неявные схемы, гарантирующие абсолютную сходимость в классе линейных задач. В результате проведения численного моделирования трехмерной фильтрации с помощью MODFLOW получают файлы с напорами подземных вод в узловых точках, а также расходы потока между узлами. Расходы в дальнейшем могут быть использованы для балансовых расчётов. В основную программу вводятся блоки (модули) исходных данных, позволяющие имитировать влияние нескольких факторов на моделируемый процесс фильтрации в различных их сочетаниях. В целом, пакет MODFLOW предназначен для решения широкого круга гидрогеологических задач в одномерной, двумерной и трехмерной постановках в условиях линейной и нелинейной фильтрации, установившегося или неуставившегося режима. Программа позволяет моделировать различные типы гидродинамического режима пластов (напорный, напорно-безнапорный или безнапорный); граничные условия и начальные напоры на всех пластах, возможно задание плановой фильтрационной неоднородности по слоям, при неуставившемся режиме учитывается упругая и гравитационная водоотдача пластов. Модель разбивается по

ортогональной сетке. В любой блок и пласт модели могут быть заданы откачивающие, нагнетательные и наблюдательные скважины, дренаи. На первом от поверхности активном слое модели могут быть реализованы поверхностные водотоки, характеризующиеся отметками напора и ложа и вертикальным сопротивлением донных отложений, испарение и инфильтрационное питание различной интенсивности. Программы написаны на языке Фортран и прошла многолетнюю апробацию в многочисленных подразделениях геологической службы США. За 25 лет существования MODFLOW к нему были написаны различные версии пре- и постпроцессоров, облегчающих ввод исходных данных и ускоряющих просмотр результатов численного моделирования. Наиболее известными являются версии PMWIN (разработана в Германии, авторы WEN-Hsing и Wolfgang Kinzclbach, 1992) и Visual Modflow (программный продукт канадской компании Schlumberger Water Services). Препроцессор включает в себя редактор для ввода исходной информации и графические редакторы для построения карт изолиний и визуализации исходных и расчетных параметров в виде зон. Редактор данных помогает пользователю ввести исходную информацию о начальных и граничных условиях реализуемых в модели, пространственной дискретности модели и временной разбивке моделируемого периода, о фильтрационных параметрах, характеризующих численную модель, данные о поверхностных водотоках, испарении, инфильтрации, дренажах и т.д. Графический редактор позволяет просматривать и выводить информацию в виде цветных изображений, в том числе – трехмерных.

7.1.2. Схематизация гидрогеологических условий применительно к построению численной модели

Мощность водовмещающих горных пород рассматривается по вертикали на максимальную проектную глубину разработки рудника «Дукат», до ненарушенных меловых и нижнемеловых пород. При схематизации гидрогеологических условий использовалась имеющиеся материалы о геологическом строении участка работ. Выполненный анализ имеющейся информации о гидрогеологическом строении рассматриваемой территории позволяет выделить следующее структуры:

- сезонно-водоносный горизонт (QtIV);
- таликовый водоносный горизонт четвертичных отложений (QaIV);
- зоны трещиноватости приуроченные к тектоническим нарушениям;
- водоупорная зона многолетнемерзлых пород;

• водоносный подмерзлотный комплекс, включающий породы: верхнемеловых эффузивных образований (K₂), нижнемеловых терригенных отложений (K1-2), нижнемеловых эффузивных образований (K1-1), верхнетриасовых терригенных отложений (T3) и ниже-верхнемеловых субвулканических и интрузивных образований (λ-γ K1-2). Внутри комплекса выделена зона повышенной проводимости, приуроченная к зоне наибольшей трещиноватости. Изученность гидрогеологических свойств вмещающих пород ограничена. По имеющимся данным, освещающих гидрогеологические условия участка отработки, представлен широкий диапазон значений проводимости подмерзлотного комплекса. В качестве основного источника информации о фильтрационных свойствах горных пород и их пространственном распределении служат результаты буровых и опытно-фильтрационных работ, реализованных в рамках настоящего договора, а также данных обратных модельных расчетов. Архивные данные использовались как вспомогательный источник информации. Первый слой модели является напорно-безнапорным, остальные слои – напорными, в силу особенностей гидродинамического режима подземных вод в районе рудника. Результаты схематизации гидрогеологических условий, принятые для дальнейшего моделирования сведены в таблицу 7

№ слоя	Гидрогеологическое подразделение	Характеристика гидродинамического режима	Литологическое описание
1	Сезонно-водоносный горизонт четвертичных отложений (деятельный слой)	Напорно-безнапорный	Деятельный слой, включающий четвертичные отложения, представленные переслаиванием глин, суглинков с включением гравия, супесей, песков.
2	Многолетнемерзлые породы (включает участки таликов в современных аллювиальных отложениях)	Напорный	Водовмещающими породами являются ингимбриты, липародациты, фельзиты, липариты окварцованные, участками ороговикованные и хлоритизированные. Таликовые зоны сложенные песками, супесями, суглинками.
3	Водоносный подмерзлотный комплекс	Напорный	Водовмещающими породами являются

4	Водоносный подмерзлотный комплекс. Участок повышенной трещиноватости	Напорный	ингимбриты, липародациты, фельзиты, липариты окварцованные, участками ороговикованные и хлоритизированные
5	Водоносный подмерзлотный комплекс	Напорный	
6	Буферный слой с характеристиками подмерзлотного комплекса	Напорный	

7.1.3. Определение границ области моделирования

Модельная область фильтрации соответствует территории в форме прямоугольника в плане размером 7,5 км на 7,5 км (рис. 32). Общая площадь моделирования составляет 56,25 км². Разбивка конечно-разностной сетки модели привязана к местной системе координат для удобства импорта-экспорта данных в процессе моделирования. Геометрия гидрогеологической модели выбрана исходя из ряда параметров: наличие поверхностных и подземных водоразделов, наличие зон разгрузки подземных вод, направление потока подземных вод, мощность многолетнемерзлых пород, мощность аллювиальных отложений и их наполненность грунтовыми водами, известная вскрытая и предполагаемая мощность трещиноватой зоны и др. Плановые границы модели заданы вдоль зон сквозных таликов, приуроченных к крупным поверхностным водотокам. Одновременно установленные границы являются базисом дренирования подземных вод, формирующихся в пределах горного плато. Северная граница проведена по долине реки Каховка. Южная граница проведена по долине реки Правая Брекчия. Западная граница проведена по долине ручья Светлый.

Восточная граница частично проведена по долине ручья Ягельный.

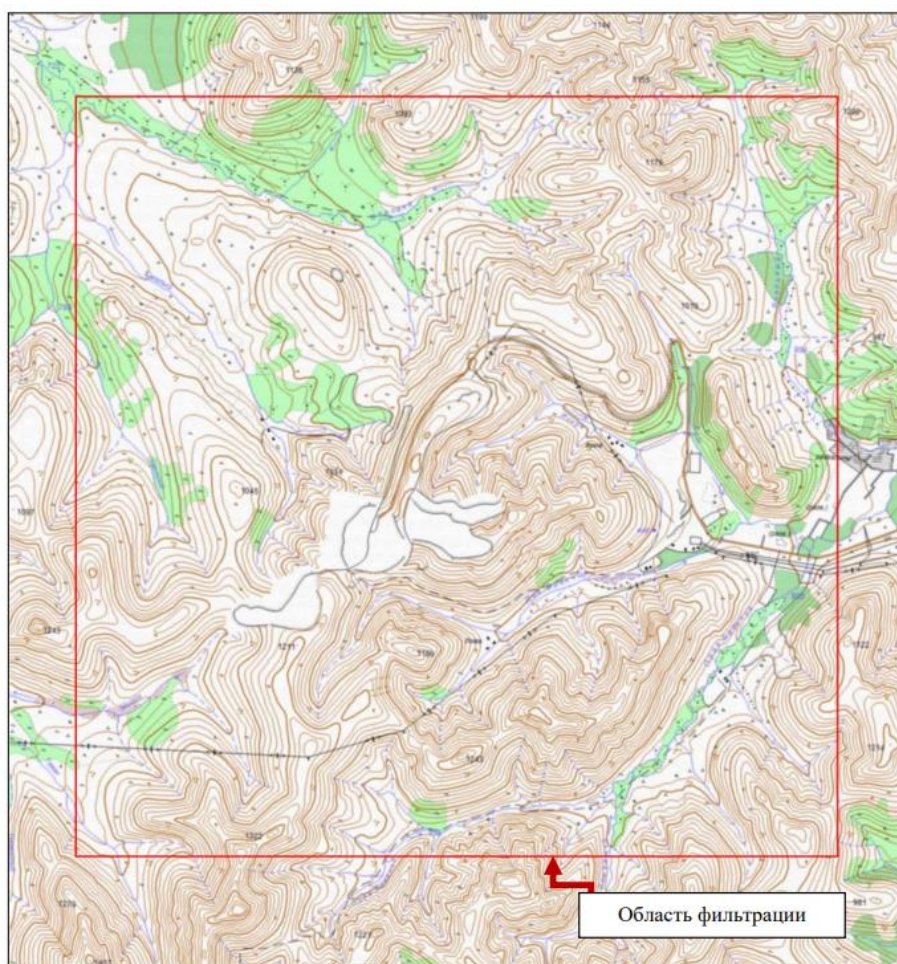


Рисунок 28 Схема расположения границ моделируемой области

Вышеобозначенные ручьи на модели имитируются границей с условием I рода (постоянный напор, соответствующий отметке уреза воды). Заданная конфигурация плановых границ модели не позволяет гидравлическому возмущению от рудника достигать линейных границ (на рисунке 32 обозначены красной линией), которые по умолчанию в программе Visual Modflow задаются с условием II рода (непроницаемыми), следовательно, область за пределами таликовых зон не повлияет на результаты расчетов.

7.2. Структура модели

Расчетная сетка Модель в плане разбита по неравномерной прямоугольной сетке на ряд элементарных блоков 499 с запада на восток и 399 с севера на юг. Максимальная дискретность сетки приурочена к участку рудника «Дукат» - (рис. 33). Размеры элементарных блоков модели составляют порядка 7,5x7,5 м, к периферийным участкам моделируемой области размеры блоков увеличиваются до 40 и 100 м. Каждый из

водоносных горизонтов и водоупоров представлен отдельным расчетным слоем.

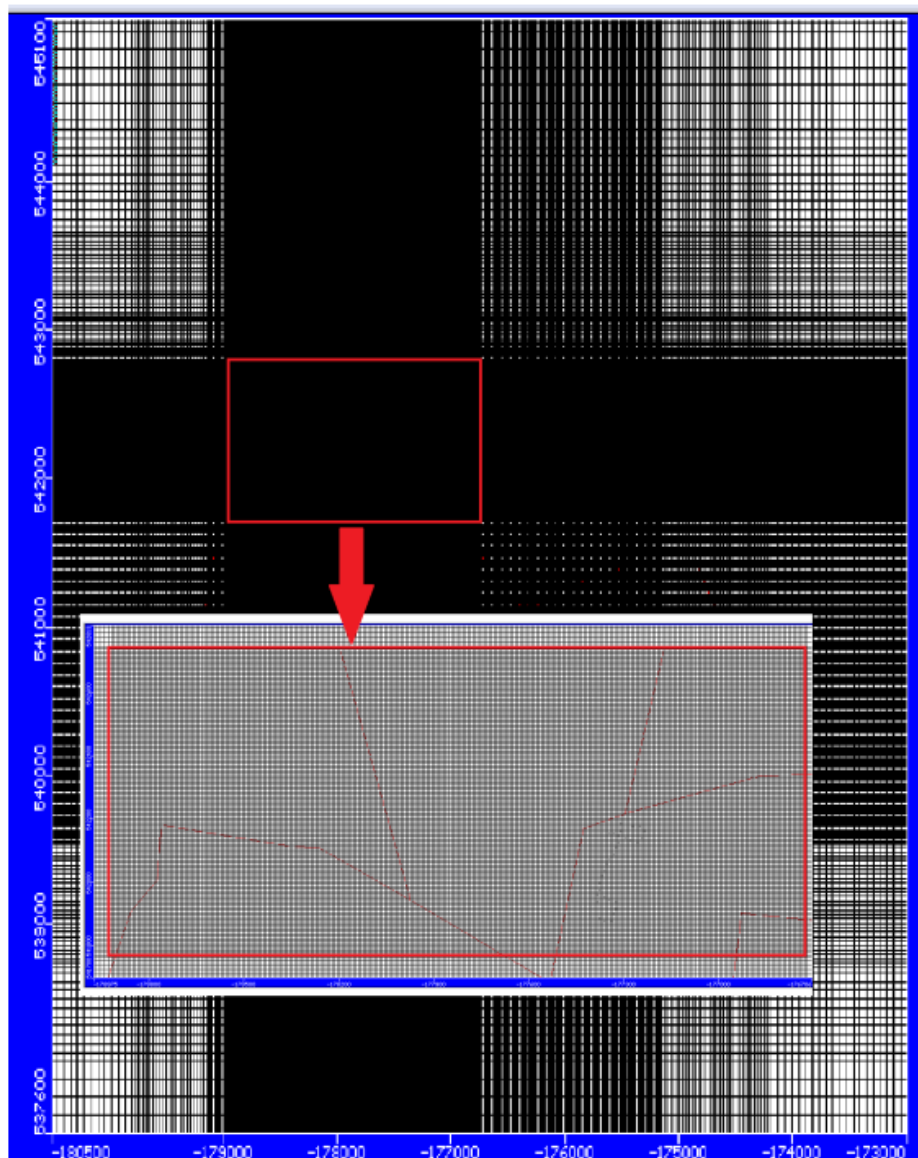
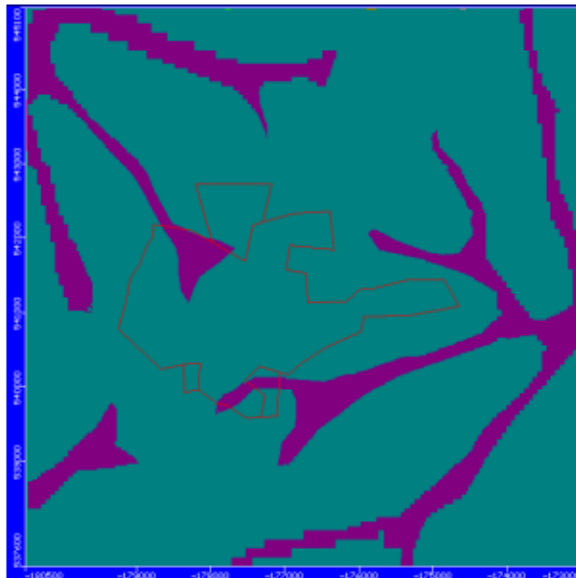


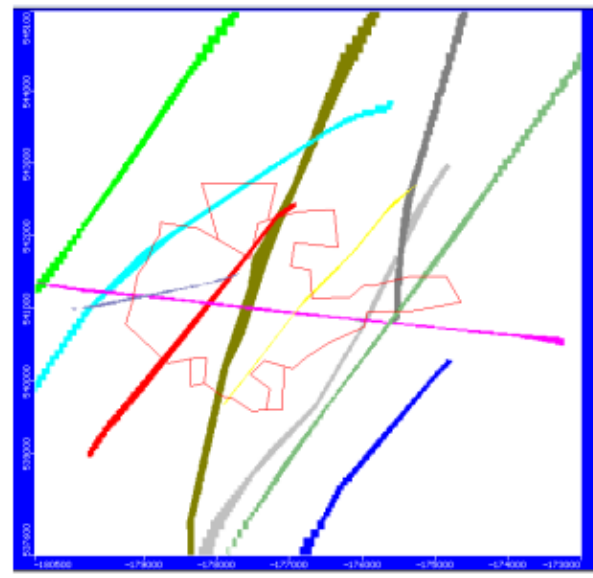
Рисунок 29 Схема плановой дискретизации области моделирования

Фильтрационные параметры Коэффициенты фильтрации выделенных слоев задавались по результатам совместного анализа архивных материалов и опытно-фильтрационных работ, проведенных в октябре-ноябре 2018 года. Распределение фильтрационных параметров в каждом из слоев модели учитывает выделенные выше фильтрационные зоны и представлено на рис. 34. Данные значения учитывают корректировку, проведенную на этапе решения эпигнозной задачи. Коэффициенты фильтрации первого и последнего слоев заданы равномерно по площади, их величины составили 1 и 0,1 м/сутки соответственно. Фильтрационные параметры разломов и крупных трещин задавались исходя из предполагаемых размеров и степени раскрытия. Достоверные данные о фильтрационных свойствах данных участков отсутствуют, в связи с этим принимались значения близкие к фоновым. Региональным разломам присваивались более высокие

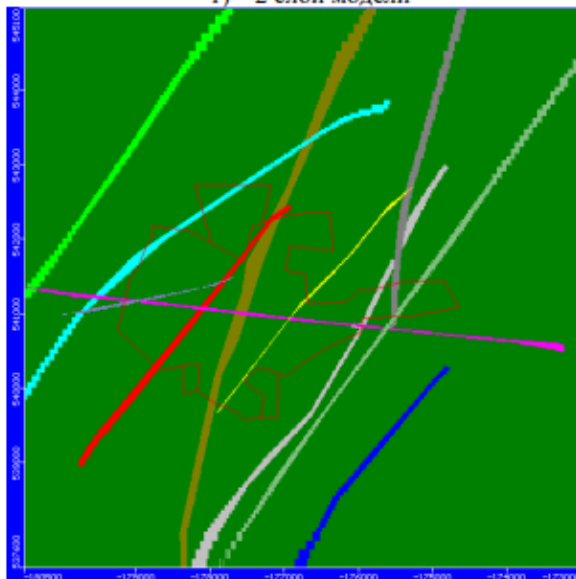
значения фильтрационных характеристик, мелким трещинам – более низкие. В целом, значения коэффициентов фильтрации в районе тектонических нарушений не превышает 1 м/сутки. Зоны № 7, 13 и 12 (рис. 34, 33) дополнительно калибровались на этапе решения эпигнозной задачи, так как скважины, вскрывшие подмерзлотный в.к., находились в непосредственной близости от них. Рельеф и внутренняя геометрия модели Форма рельефа дневной поверхности обусловлена наличием естественных и техногенных перепадов высот и выстраивалась в программной среде при помощи встроенного редактора путем интерполяции ряда точек с заданными абсолютными отметками поверхности при разработке геолого-структурной 3D модели. Точки с абсолютными отметками поверхности задавались по предоставленным заказчиком материалам. Результат построения рельефа региональной модели представлен на рисунке 35.



1) 2 слой модели



2) 3, 5 слой модели



3) 4 слой модели (слой повышенной проводимости)

*красный контур соответствует границе горного отвода.

Zone	Kx [m/d]	Ky [m/d]	Kz [m/d]
1	0.1	0.1	0.1
2	1	1	1
3	0.4	0.4	0.4
4	1E-5	1E-5	1E-5
5	0.1	0.1	0.1
6	1	1	1
7	0.5	0.5	0.5
8	1	1	1
9	1	1	1
10	0.3	0.3	0.3
11	0.4	0.4	0.4
12	0.5	0.5	0.5
13	0.2	0.2	0.2
14	0.1	0.1	0.1
15	0.2	0.2	0.2
16	0.1	0.1	0.1
17	0.2	0.2	0.2

4) условные обозначения

Рисунок 30 Распределение фильтрационных параметров на модели (м/сутки)

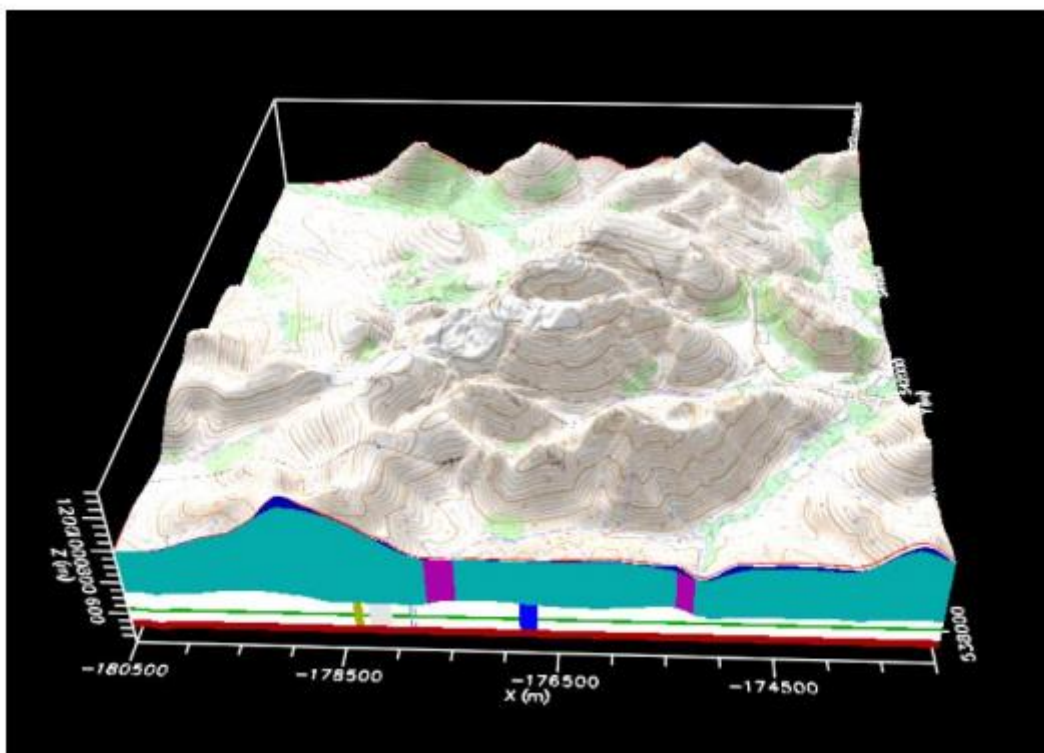


Рисунок 31 3D визуализация рельефа дневной поверхности

Согласно гидрогеологической схематизации и программных особенностей расчетного блока в модели выделено 6 слоев: два водоносных горизонта (в разрезе нижнего выделена зона повышенной проводимости), разделенных толщей многолетнемерзлых пород. Положение подошвы ТМП задавалась по архивным картам [2], результатам бурения скважин в 2017-2018 гг., вскрывших подмерзлотный водоносный комплекс. Следует отметить, что положение подошвы ТМП на участке месторождения «Дукат» по современным данным оказалось ниже почти на 50 м по сравнению с архивной картой. Мощности слоев, принятые при разработке модели, представлены в таблице 2 и на рисунке 36.

Таблица 6 Мощности слоев, заданных на модели

№ п/п	Описание слоя	Мощность, м
1	сезонно-водоносный горизонт	2-5
2	многолетнемерзлые породы и сквозные талики	80-450
3	подмерзлотный водоносный комплекс	5-45
4	зона повышенной проницаемости в подмерзлотном водоносном комплексе	10-25
5	подмерзлотный водоносный комплекс	60
6	подмерзлотный водоносный	50

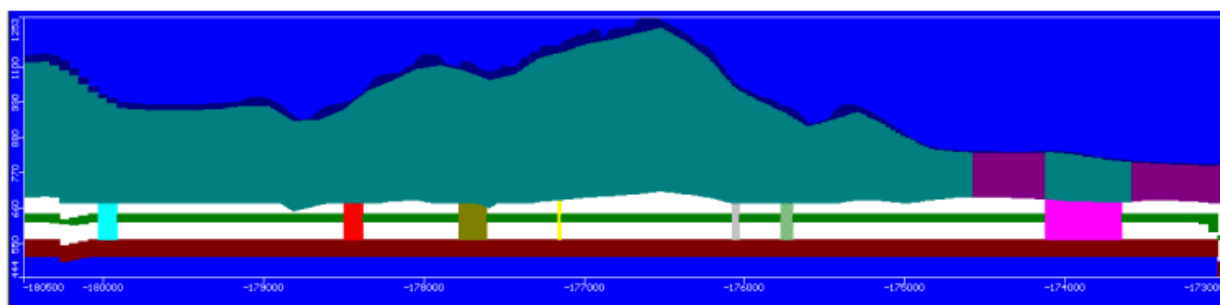


Рисунок 32 Широтный разреза модели

Внешние и внутренние граничные условия Условия питания и разгрузки подземных вод в районе месторождения «Дукат» определяются особенностями геологического строения, поверхностным распределением интенсивности инфильтрационного питания и граничными условиями. Последние, в свою очередь, зависят от строения речной сети и перераспределения поверхностного стока под влиянием искусственных форм рельефа. Подземный сток в районе исследования находится под существенным влиянием естественных факторов и определяется наличием избыточного (по сравнению с величиной испарения) инфильтрационного питания. Среднегодовое количество атмосферных осадков как основного источника инфильтрационного площадного питания оценивается на уровне 400 мм/год. Основные осадки приходятся на осенне-весенний период, который характеризуется максимальными величинами инфильтрационного питания. Поверхностный сток в районе исследований определяется уклоном рельефа, наличием речной сети с ручьями. Большая часть месторождения приурочена к водоразделу, уклон поверхности направлен в стороны основных дрен – р. Каховки, руч. Ягельных, р. Брекчия и их притоков, определяя направление поверхностного стока. Поверхностный сток концентрируется в долинах рек и проявляется в виде высоких величин инфильтрационного питания. Такая гидродинамическая структура фильтрационного потока в деятельном слое предопределяет малую чувствительность модельных решений по отношению к инфильтрационному питанию. Поскольку структура фильтрационных потоков в подмерзлотном водоносном комплексе, дренируемом рудником, будет определяться уровнями подземных вод в сквозных таликах, которые в свою очередь тесно связаны с поверхностными водотоками и в меньшей степени зависят от инфильтрации атмосферных осадков. Анализ структуры фильтрационных потоков показывает, что основными структурными элементами фильтрационной схемы могут служить выраженные в рельефе формы, неподверженные временной изменчивости. К этим

морфообразующим элементам относятся главные водоразделы, выступающие для водоносных горизонтов непроницаемыми контурами, а также долины рек и ручьев, соответствующих по своему пространственному и гипсометрическому положению (в сочетании с гидравлическим характером) областям разгрузки водоносных горизонтов, известные гидроизогипсы водоносных горизонтов, также не подверженные изменчивости. Таким образом, область фильтрации в границах численной модели представляет собой относительно изолированный в гидродинамическом отношении участок, окруженный границами первого рода практически по всему периметру. Ручьи в центральной части модели задавались модулем Stream (граничное условие III рода). Данный модуль предполагает внесение следующих данных в модель: ширины ручьев – составляющую 1-3 м на участке моделирования и их расход, по данным архивных материалов составляющую порядка 0,05-0,3 м³ /с, глубины ручьев - 0,5-1 м. Граничные условия первого рода заданы по р. Каховка, руч. Ягельный, Правая Брекчия, Светлый. На рисунках 37 -39 представлено положение заданных на модели гидродинамических границ

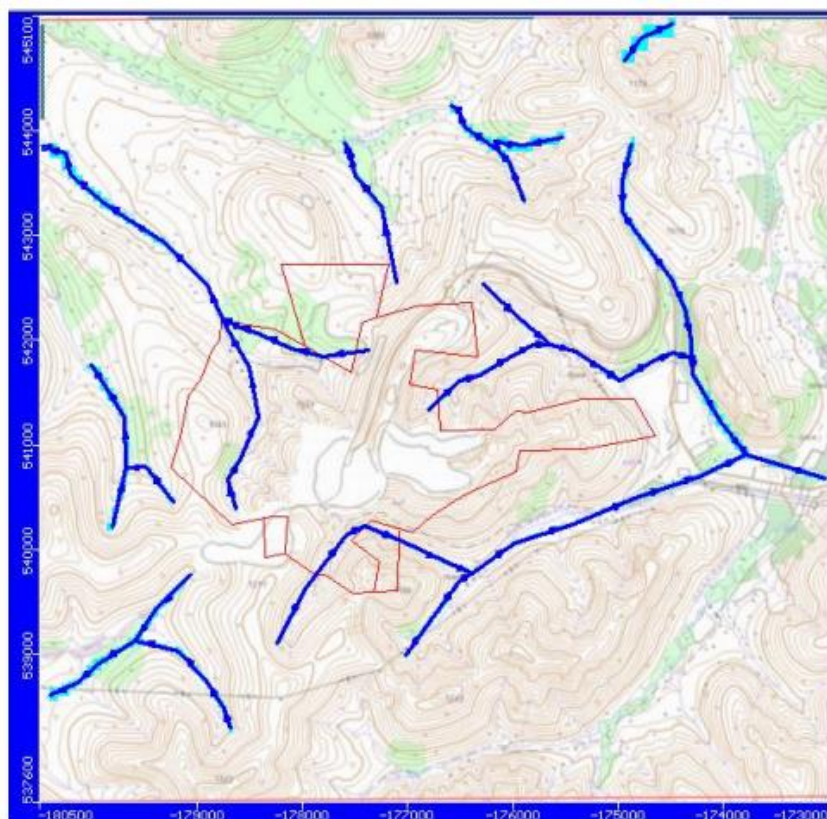


Рисунок 33 Схема расположения границ, заданных с условием третьего рода

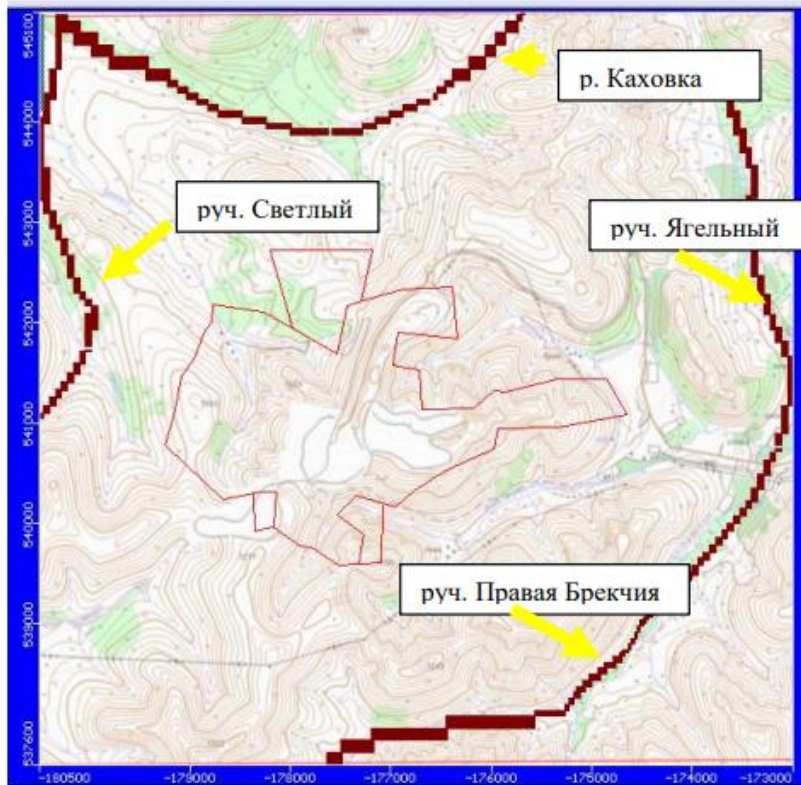


Рисунок 34 Схема расположения границ, заданных с условием первого рода (границы)

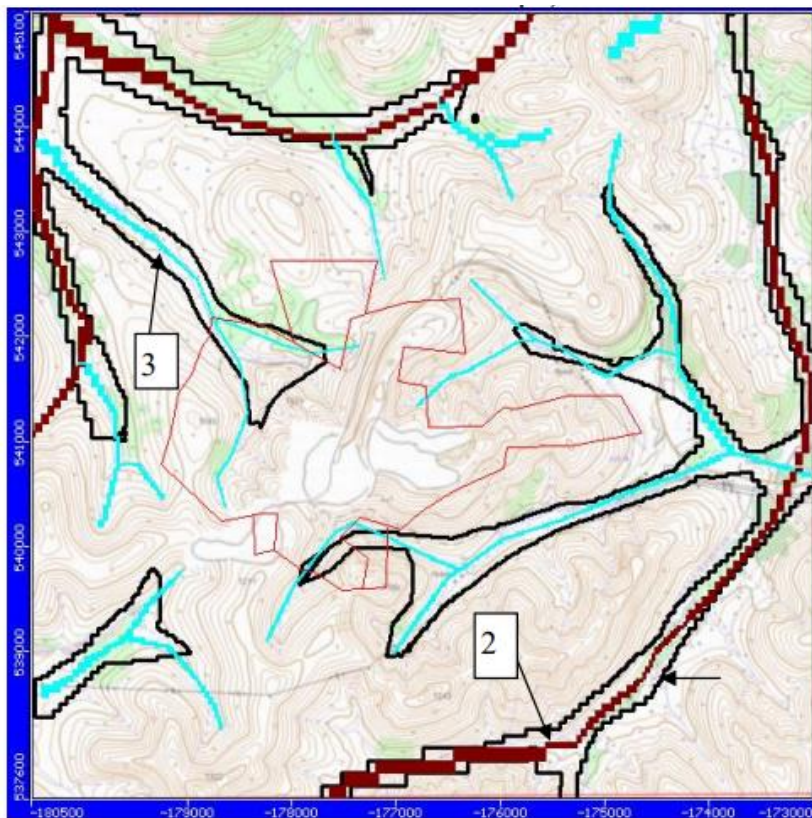


Рисунок 35 – Соотношение расположения граничных условий и таликовых зон, заданных на модели (1 – участки таликовых зон, соответствуют зонам с повышенным коэффициентом фильтрации; 2 – граничные условия I рода; 3 – граничные условия III рода)

7.3. Решение эпигнозной задачи

В ходе решения эпигнозной задачи второго этапа моделирования уточнялись фильтрационные параметры выделенных в концептуальной модели горизонтов. Эпигнозная задача решалась с использованием материалов о вскрытии выработками подмерзлотного водоносного комплекса. Для калибровки были выбраны следующие скважины (при наличии трех скважин выбиралась одна, характеризующаяся наибольшим расходом, для оценки наиболее неблагоприятного варианта формирования водопритока в выработки): а) скв. № 38016801 (год бурения 2017г.) – зафиксированный расход 30 м³/час; б) скв. № 103010 (год бурения 2017г.) – зафиксированный расход 8 м³/час; в) скв. № 3 (год бурения 2018г.) – зафиксированный средний расход 33 м³/час. Основным критерием верификации при решении эпигнозной задачи являлось соответствие натуральных и полученных при моделировании расходов скважин, вскрывших подмерзлотный водоносный комплекс. Вспомогательным критерием верификации модели являлось условие, при котором уровни моделируемого потока в эпигнозных задачах не должны превышать отметки земной поверхности, а в районе месторождения должны находиться в районе а.о. + 840 м (по данным замера напора в.к. в скв. №3 в ноябре 2018 г.). Задача решалась в стационарной постановке. Каждая скважина задавалась модулем Drain с отметкой дренирования, равной отметке устья скважины. Проводимость дрены определялась по зависимости:

$$T_{др} = \frac{2 \cdot \pi \cdot T}{\ln \frac{\Delta x_{ср}}{r_w} - 1.6}; \Delta x_{ср} = \sqrt{\Delta x \cdot \Delta y}; T = \Delta z \sqrt{k_x \cdot k_y}$$

где $T_{др}$ – проводимость дрены, T – проводимость модельного блока, r_w – средний размер блока, r_w – радиус скважины (75 и 96 мм) x, y, z , – размеры блока (Δz – вертикальный размер блока, 20 и 15 м для верхнего и наиболее проницаемого слоя подмерзлотного в.к.), k_x, k_y – коэффициенты фильтрации по горизонтали и по вертикали. При калибровке коэффициентов фильтрации для каждого случая проводился пересчет проводимости дрены. Принятыми в результате калибровки коэффициентами фильтрации стали 0,1 м/сутки – для верхней части подмерзлотного водоносного комплекса, 0,4 м/сутки – для наиболее проницаемого участка. Расчетная проводимость дрен в данных слоях составила 2 и 6 м²/сутки соответственно.

На этапе решения эпигнозной задачи получена хорошая сходимость модельных и натуральных расходов скважин, вскрывших подмерзлотный водоносный комплекс. Результаты калибровки модельных и натуральных расходов представлены в таблице 8

№ скв.	Абс. Отметка вскрытия в.к., м	Абс. Отметка дрены, м	Зафиксированный расход скважины		Расход скважины по данным моделирования	
			м ³ /час	м ³ /сутки	м ³ /час	м ³ /сутки
38016801	675,0	+690,0	30	720	31,5	755,5
103010	667,7	+740,0	8	192	8,3	198
3	660,0	+740,0	33,3	800	33,6	807

Таблица 7 – Результат калибровки модельных и натурных расходов скважин, вскрывших

Распределение уровней подмерзлотного водоносного комплекса, полученное в ходе моделирования, представлено в виде схемы линий равных напоров в соответствии с рисунком 40.

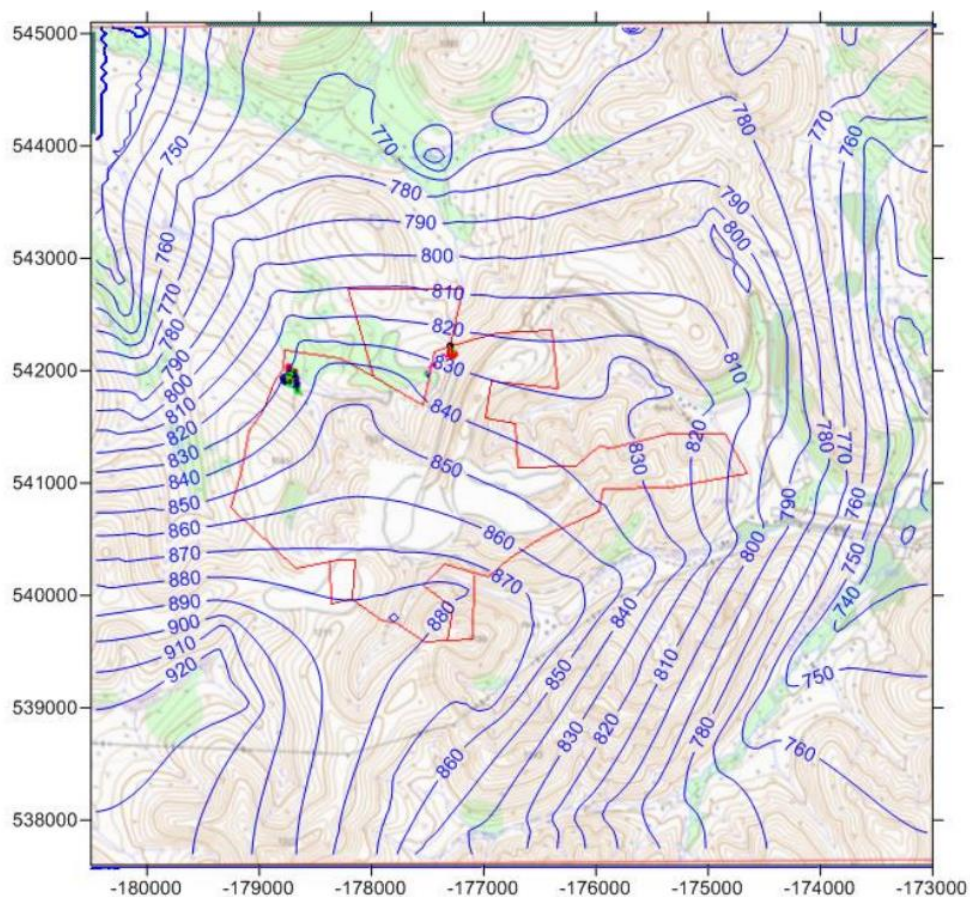


Рисунок 36 Схема пьезоизогипс подмерзлотного водоносного комплекса

Обобщая результаты калибровки, можно отметить, что на модели получена хорошая сходимость по расходам скважин, вскрывших подмерзлотный водоносный комплекс. Однако, в связи с малым количеством исходной информации, модель имеет ряд упрощений: на месторождении не ведется мониторинг гидродинамического состояния массива (существуют только единичные замеры в скважинах, вскрывших подмерзлотный в.к.), в связи с этим не представляется возможным провести более точные калибровочные расчеты по пьезометрической поверхности подмерзлотного водоносного

комплекса. Недостаточная изученность подмерзлотного водоносного комплекса и его площадной изменчивости. Недостаточное количество данных по распространению таликовых зон в районе моделируемой области. В тектонических нарушениях не проводились фильтрационные опробования, в связи с этим затруднительно более точно охарактеризовать их фильтрационные свойства. Нет точной информации о водотоках (расход, характер гидравлической связи с подземными водами), расположенных на участке моделирования, большинство из использованных при построении модели параметров является ориентировочными, полученными из отчета 1977 г. Несмотря на описанный дефицит исходной информации в целом результаты калибровки являются пригодными для дальнейшего решения прогнозных задач моделирования, однако, следует учитывать наличие погрешности в проводимых расчетах.

7.4. Решение прогнозных задач

В рамках решения прогнозных задач третьего этапа моделирования проводилась оценка прогнозных водопритоков в выработку рудника «Дукат», а также рассматривался вопрос эффективности предварительного водопонижения до начала отработки горизонтов ниже а.о. +710 м

7.4.1. Расчет прогнозных водопритоков в выработку месторождения «Дукат»

Согласно существующему плану отработки участка «Центральный» планируется последовательная отработка запасов подземными горными выработками на горизонтах а.о.+690 м, +675 м, +660 м, +640 м и +621 м. На основе откалиброванной численной геофильтрационной модели проведена оценка изменения водопритоков в горные выработки при постепенном продвижении забоя на нижележащие горизонты. Прогнозные расчеты проведены на конечный этап разработки каждого из горизонтов. Задача решалась в стационарной постановке. Дренажные элементы Выработки участка «Центральный» месторождения «Дукат» задавались на модели модулем Drain (рис. 11). Отметка заложения дрены соответствовала отметке почвы проектируемых выработок. Для предотвращения ошибки счета слои модели были разбиты в соответствии с горизонтами проектируемых выработок, т.е. каждый дренажный элемент был расположен в индивидуальном слое. Было добавлено 3 слоя, общее количество слоев модели составило 9.

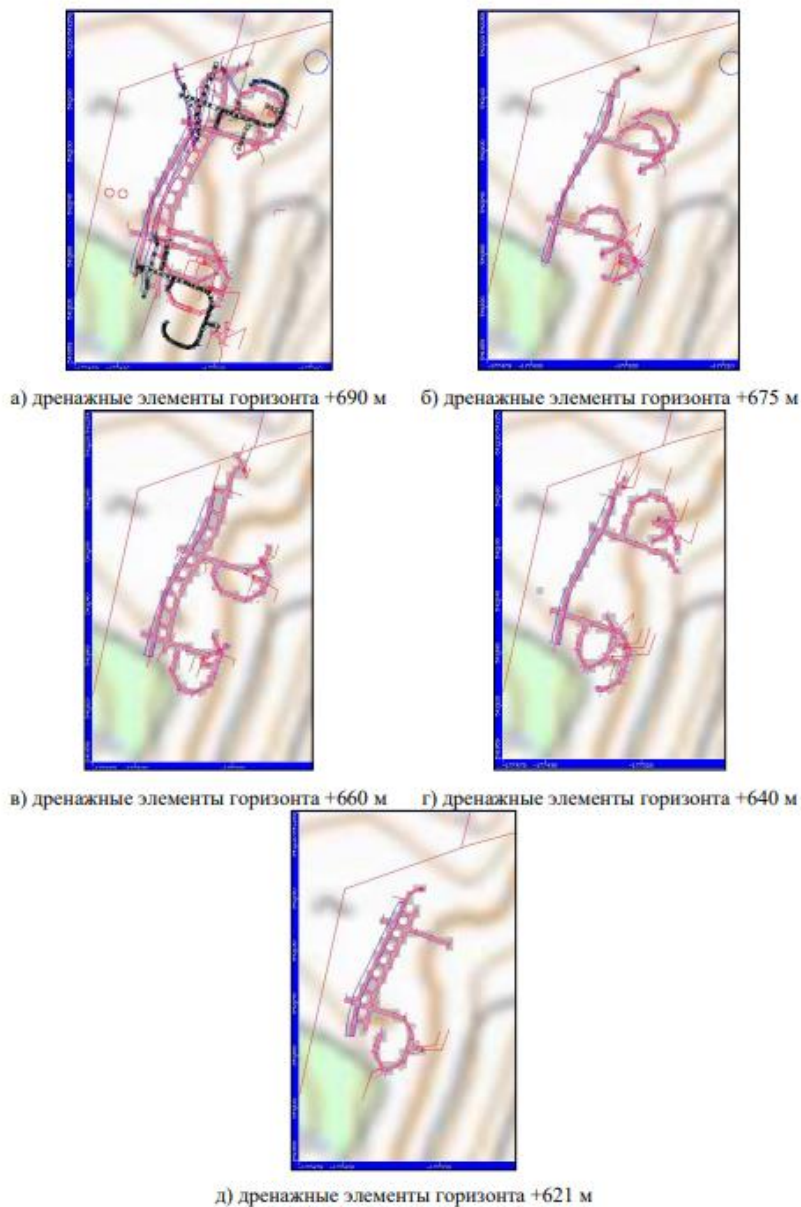


Рисунок 37 Дренажные элементы, заданные на геофильтрационной модели

Результаты прогнозных расчетов обобщены и представлены в виде графика изменения общего водопритока в выработки при последовательном снижении отметок разработки месторождения (рис. 42), а также в таблице 4. Следует отметить, что все расчеты проведены с учетом ограниченной изученности наиболее проводимой части подмерзлотного водоносного комплекса и зоны тектонических нарушений. Данный факт обеспечивает необходимость проведения оценки чувствительности модели к коэффициентам фильтрации наиболее проводимой толщи и зон тектонических нарушений. Цель данного мероприятия – оценить возможную погрешность в расчетах конечных водопритоков, т.е. характер их увеличения при увеличении коэффициентов фильтрации. Расчеты выполнены на конечный этап отработки всех горизонтов. На модели рассмотрены следующие изменения коэффициентов фильтрации: 1) наиболее проводимой

толщи с 0,2 м/сутки до 1,5 м/сутки. Результаты моделирования представлены в виде графика (рис. 43); 2) тектонических нарушений в 2 раза ниже эпигнозных (вариант №1 рис. 44), в 2 раза выше эпигнозных (вариант №3 рис. 44), в 5 раз выше эпигнозных (вариант №4 рис. 44).

Этап отработки и отметка нижнего горизонта	Водопритоки в горные выработки, $\frac{\text{м}^3/\text{сутки}}{\text{м}^3/\text{час}}$					Суммарный водоприток в рудник
	гор. +690 м	гор. +675 м	гор. +660 м	гор. +640 м	гор. +621 м	
1. а.о. +690 м	$\frac{4,7}{0,2}$	-	-	-	-	$\frac{4,7}{0,20}$
2. а.о. +675 м	$\frac{4,7}{0,2}$	$\frac{5,4}{0,2}$	-	-	-	$\frac{10,1}{0,43}$
3. а.о. +660 м	$\frac{3,6}{0,2}$	$\frac{0,3}{0,01}$	$\frac{11349}{473}$	-	-	$\frac{11352,9}{473,16}$
4. а.о. +640 м	$\frac{3,5}{0,2}$	$\frac{0,02}{-}$	$\frac{2180}{90,8}$	$\frac{12523}{521,8}$	-	$\frac{14706,52}{612,8}$
5. а.о. +621 м	$\frac{3,7}{0,2}$	$\frac{0}{-}$	$\frac{1022,0}{42,6}$	$\frac{4888,0}{203,7}$	$\frac{11118,0}{463,3}$	$\frac{17031,7}{709,8}$

Таблица 8 Прогнозные водопритоки в горные выработки при последовательной разработке месторождения «Дукат» на участке «Центральный» от горизонта а.о. плюс 690 м до плюс 621 м



Рисунок 38 График изменения общего водопритока в горные выработки при углублении забоя

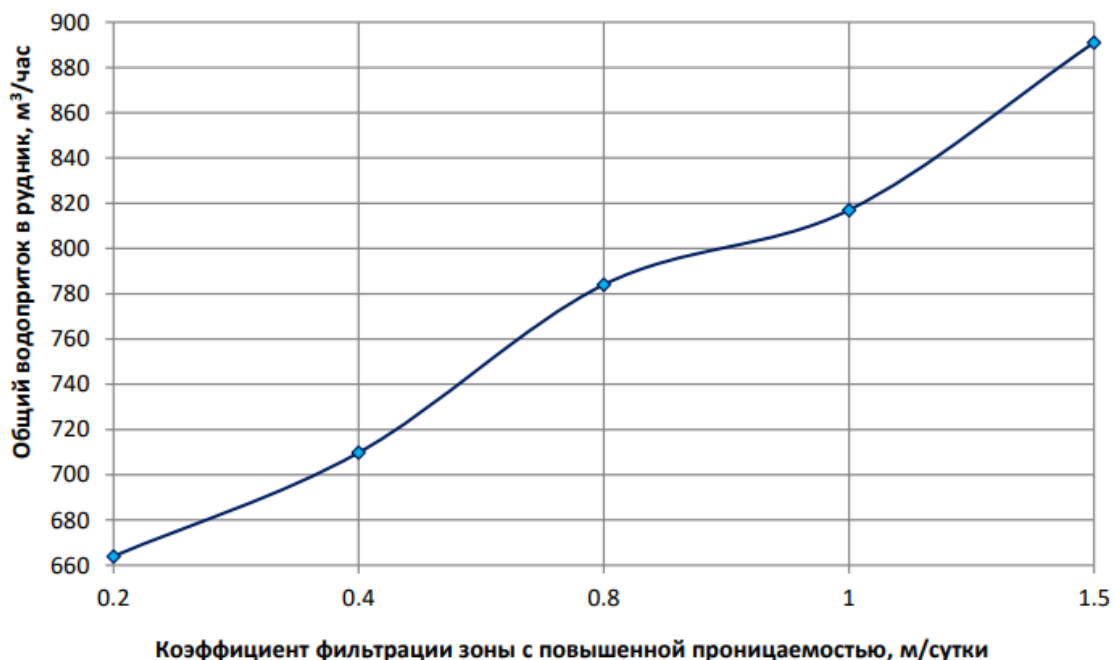


Рисунок 39 График чувствительности прогнозных водопритоков на конец отработки рудника к изменению коэффициента фильтрации выделенной в подмерзлотном водоносном комплексе зоны с наибольшей проницаемостью

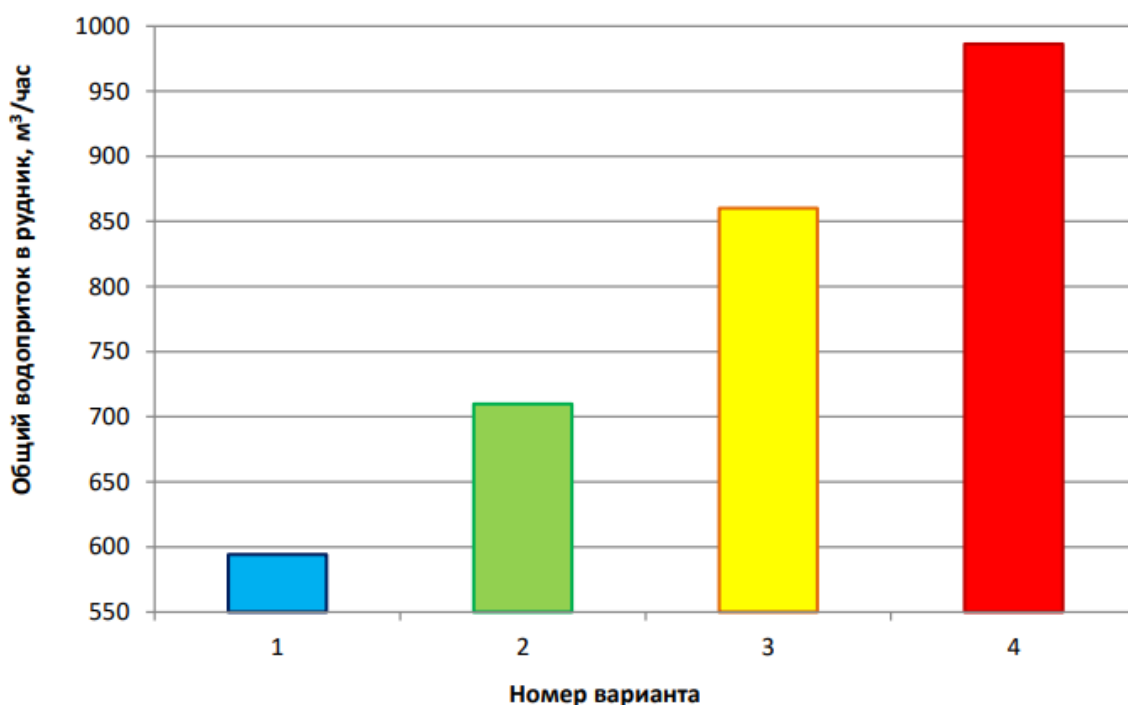


Рисунок 40 График чувствительности водопритоков в рудник на конец отработки к изменению коэффициента фильтрации зон трещиноватости (варианты: 1 - снижение коэффициентов фильтрации в 2 раза от значений эпигнозного расчета, 2 – результат эпигнозного расчета, 3 и 4 – увеличение в 2 и 5 раз соответственно относительно значений в эпигнозном расчете)

Оценку достоверности принятых модельных параметров зоны многолетней мерзлоты можно также провести по косвенным данным. На участке «Центральный», при проходке наклонных съездов 740/725-1-1 и 740/725-2-1 отмечалось подтопление забоев, путем

поступления воды из почвы выработок [1]. Объем воды, поступающий на забои выработок, незначительный – вода накапливалась за сутки на участках длиной до 5м, глубиной 0,1-0,4м. Т.е. средний водоприток в выработки, пройденные в мерзлоте, составил порядка: $5\text{м} \cdot 0,25\text{м} \cdot 4\text{м} = 5 \text{ м}^3$ за сутки. При моделировании отработки проектируемых горизонтов а.о. +690 и +675 м, получены схожие величины водопритоков, равные 4,7- 5,4 м³/сутки. Обобщая прогнозные расчеты можно отметить, что максимальные водопритоки в выработки с параметрами подмерзлотного водоносного комплекса по основному варианту составят порядка 700 м³/сутки. В случае вскрытия зон с проводимостью в два-три раза, превышающей установленные значения, конечное значение водопритоков в выработки может вырасти на 10-25 %; при вскрытии зон с проводимостью в два раза ниже установленного значения конечное значение водопритоков может снизиться на 7%. Влияние проводимости тектонических нарушений на конечные водопритоки при увеличении-уменьшении значений в 2 раза составит порядка 20% в большую и меньшую сторону соответственно. При возрастании проводимости в 5 раз рост значений конечных водопритоков может достигнуть 40%

7.4.2. Оценка эффективности работы разгрузочных скважин

При проходке горизонта с а.о. +690 м предполагается, что величина напоров подмерзлотного водоносного комплекса на почву выработки составит порядка 150 м. Проходка горных выработок с подобными напорами без предварительного их снижения не является безопасной. Отметим, что отметка подошвы ТМП на территории месторождения зафиксирована только в отдельных точках и колеблется от +617 до +686 м, т.е. мощность целика, отделяющего рудник от подмерзлотного водоносного комплекса, на всем участке может быть не постоянной, как и напоры. Для обеспечения безопасного ведения горных работ предлагается рассмотреть вариант снятия напоров разгрузочными скважинами с горизонта а.о.+710 м. Рассмотрим вариант водопонижения 15-тью и 31-ой скважинами. Скважины задавались модулем Drain. Отметка дрены соответствует отметке горизонта установки – а.о.+710 м, дрены задаются в подмерзлотном горизонте, в верхней и наиболее проводимой его части. Проводимость дрен равна проводимости скважин, рассчитанной ранее при калибровке модели, и составляет: для верхней части в.к. – 2 м²/сутки, наиболее проводимой – 6 м²/сутки. Задача решалась в нестационарной постановке, по этой причине модель была дополнена значениями начальных напоров, полученных при решении эпигнозной задачи. Модель была откорректирована по емкостным

характеристикам: коэффициенту упругоёмкости, равному $3 \cdot 10^{-6}$ 1/м. Коэффициент упругоёмкости рассчитывался по следующей формуле:

$$\beta^* = k_{\text{ср}} / a_{\text{ср}} = 0,25 / 9 \cdot 10^4 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/м,}$$

где $k_{\text{ср}}$ – средний коэффициент фильтрации подмерзлотного водоносного комплекса равный 0,25 м/сутки, $a_{\text{ср}}$ – коэффициент пьезопроводности, среднее значение которого (по данным проведенных ОФР сотрудниками Санкт-Петербургского горного университета в 2018 г.) принято равным – $9 \cdot 10^4 \text{ м}^2$ /сутки. Вертикальные дрены, имитирующие самоизливающие скважины, заданы с шагом 40 м – при 15 скважинах и с шагом 20 м – при 31 скважине. Схема расположения 31 скважины представлена на рис. 45. При рассмотрении варианта из 15 скважин – через одну осуществлялось отключение модуля drain

Время прогнозного моделирования составило 1000 суток. Результаты работы предполагаемой системы водопонижения представлены в виде графика временного прослеживания снижения напоров подмерзлотного водоносного комплекса во времени (рис. 16). Анализируя график, стоит отметить, что эксплуатация системы водопонижения в течение 1000 суток (почти 3 лет) не является целесообразной, т.к. основное снижение напоров подмерзлотного в.к. происходит в первый год её работы и составляет: – 103 м (до а.о.+737 м) – при эксплуатации 31-ой разгрузочной скважины, – 86 м (до а.о.+754 м)– при эксплуатации 15-ти разгрузочных скважин. За оставшиеся два года напоры снижаются лишь на 3-5 м.

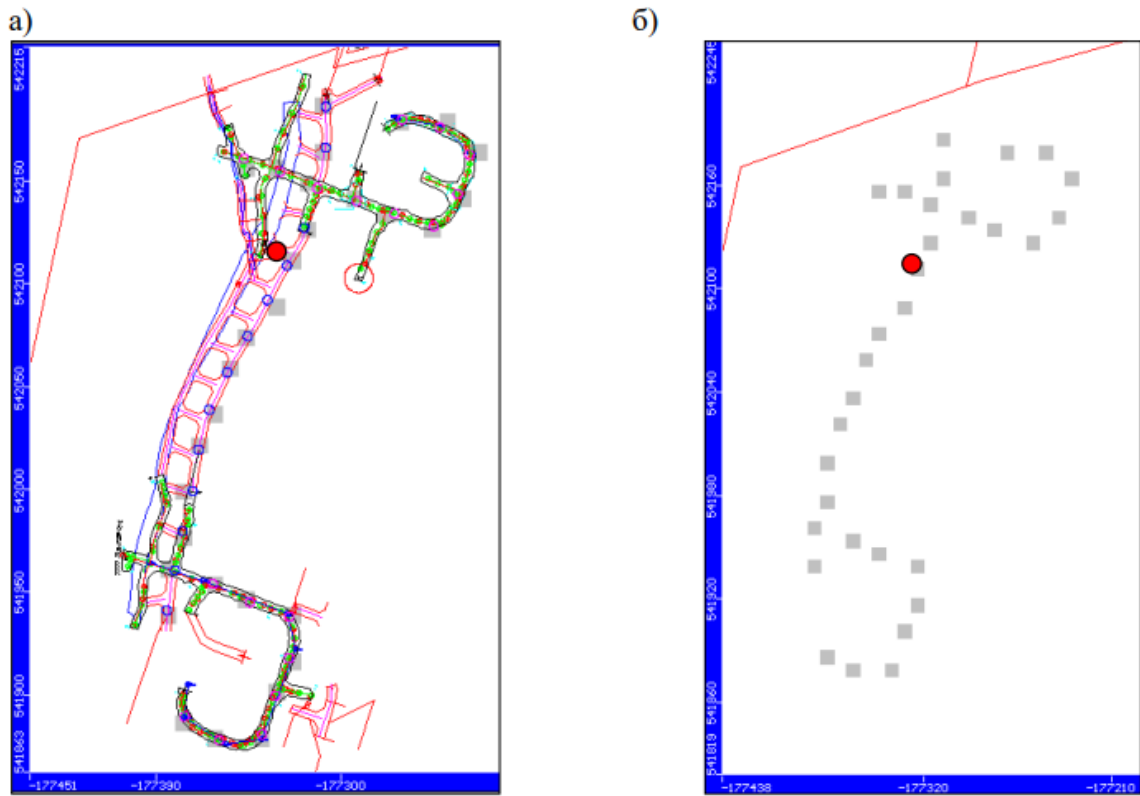


Рисунок 41 Схема расположения 31 самоизливающей скважины (совмещённая с планом выработок (а) и заданные модули Drain (б))

- «контрольная» точка для измерения напора подмерзлотного в.к.

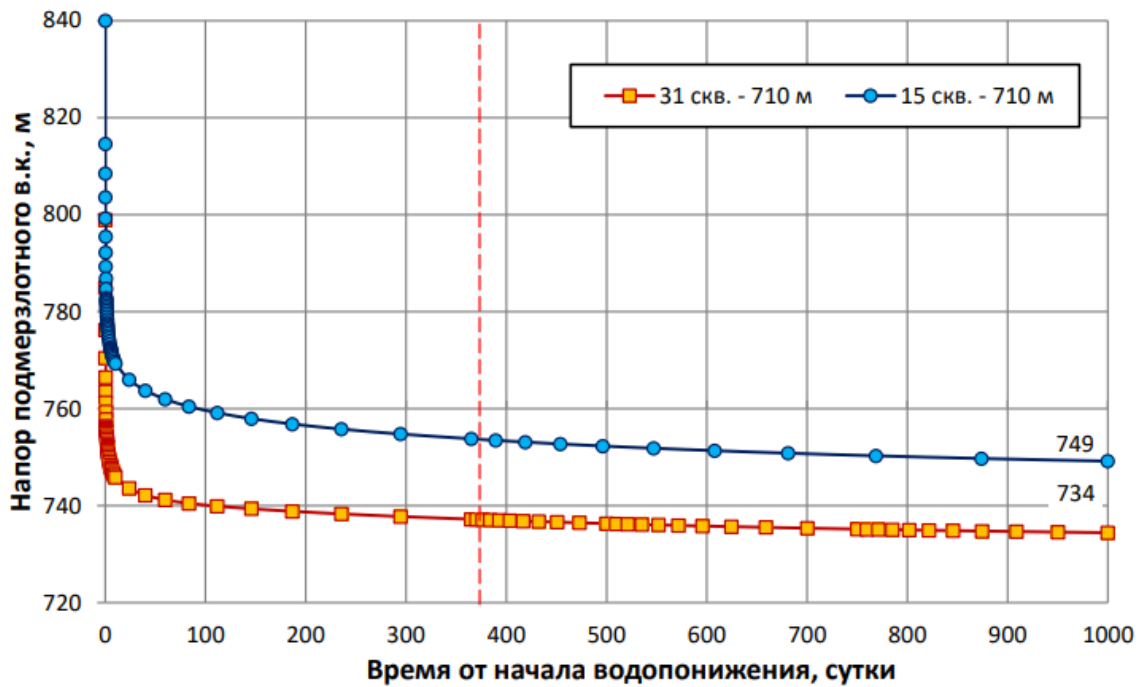


Рисунок 42 График временного прослеживания изменения уровня подмерзлотного водоносного комплекса во времени при эксплуатации водопонижительных скважин

Разница эффективности ряда по снижению напоров подмерзлотного в.к. из 31 разгрузочной скважины и 15 составляет около 17 м. В контексте конечной величины напора на подошву выработок горизонта а.о. +690 м, равной 27 и 44 м соответственно, данная разница является достаточно существенной. Дальнейшее снижение уровней предлагается проводить методом опережающего бурения разгрузочных скважин из забоев. Прогнозные расчеты позволили оценить изменение расхода разгрузочных скважин во времени, а также проследить зависимость величины расхода от напоров подмерзлотного водоносного комплекса (рис. 47-48). Величина максимального расхода системы водопонижения необходима для проектирования системы водоотлива. Максимальная производительность системы водоотлива при эксплуатации ряда из 15 водопонижительных скважин должна составлять не менее 9 тыс. м³ /сутки, из 31 скважины – 15 тыс. м³/сутки.

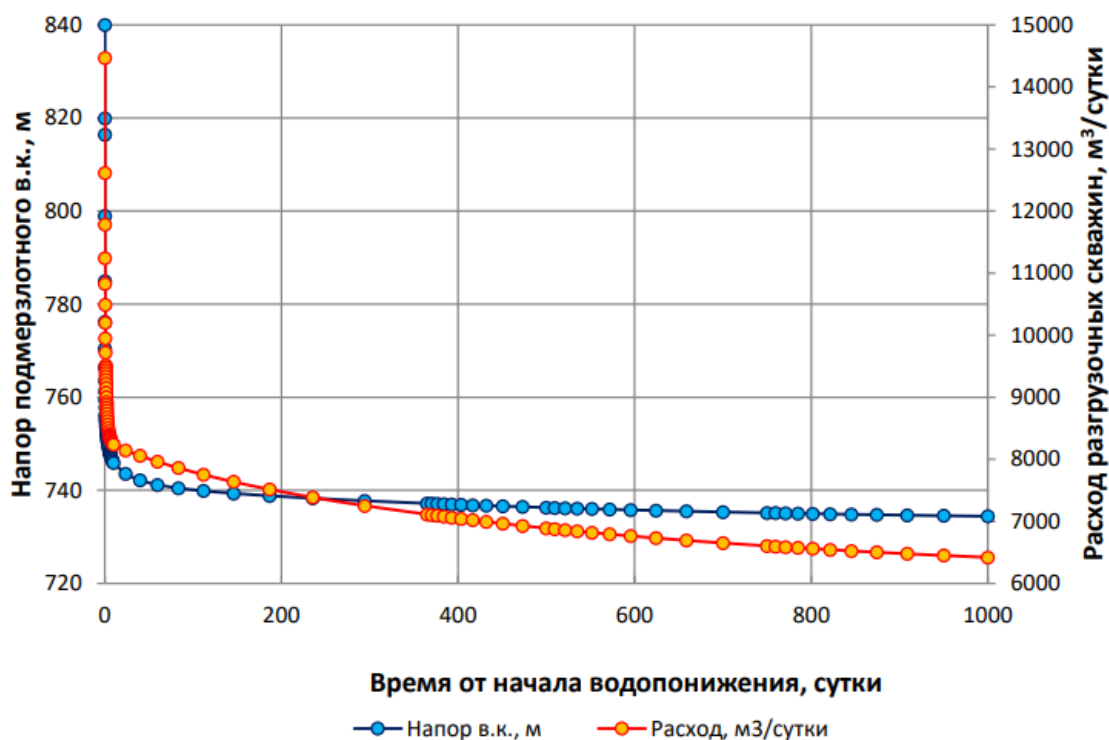


Рисунок 43 График зависимости расхода разгрузочных скважин (31 шт.) от напора подмерзлотного в.к. во времени

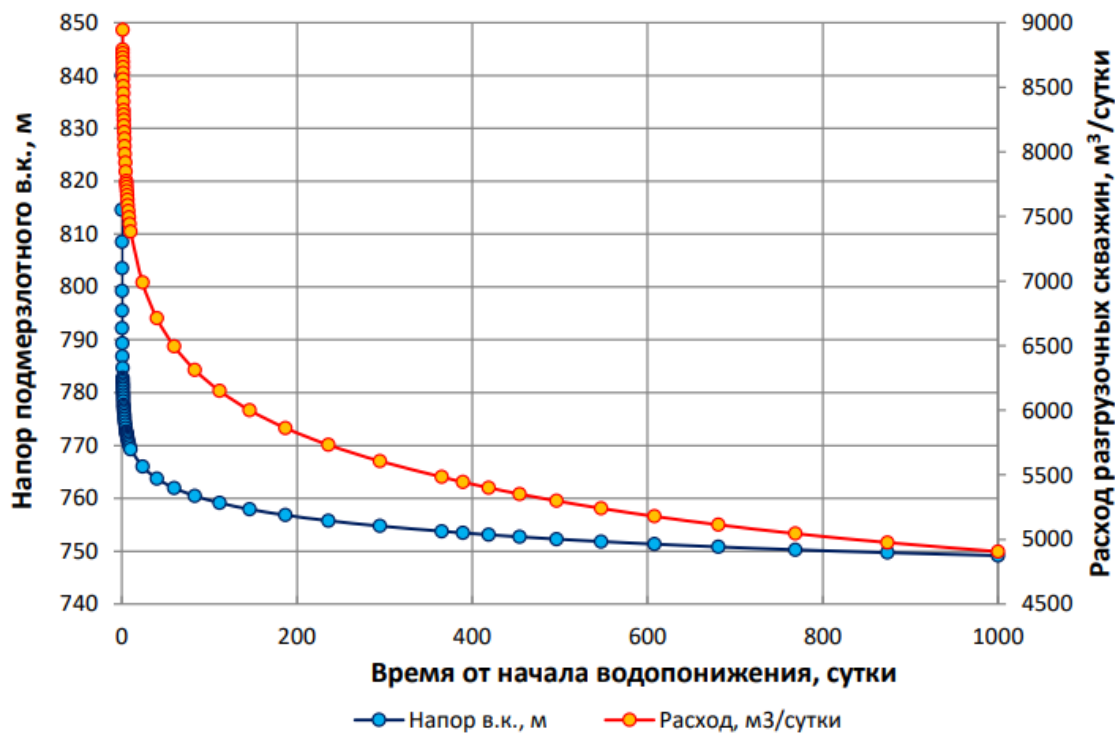


Рисунок 44 График зависимости расхода разгрузочных скважин (15шт.) от напора подмерзлотного в.к. во времени

Конечный выбор системы водопонижения должен производиться с учетом экономической составляющей вопроса. Наиболее оптимальным вариантом со стороны безопасности проведения дальнейшей разработки месторождения, является вариант с максимальным снижением уровней за оптимальные сроки, т.е. система из 31 разгрузочной скважины при её эксплуатации не более года до дальнейшего продвижения забоя на нижележащие горизонты.

7.4.3. Анализ чувствительности прогнозной гидрогеологической модели

Факторно-диапазонный анализ моделируемой области проводился по двум направлениям: 1. влияние значений коэффициента упругоёмкости; 2. влияние значений коэффициентов фильтрации наиболее трещиноватой зоны подмерзлотного водоносного комплекса. Весьма низкая изученность подмерзлотного водоносного комплекса не позволяет однозначно оценить его фильтрационные и емкостные свойства и их изменчивость, в связи с этим на модели приняты средние значения, полученные в результате единичных опробований. Для уточнения влияния фильтрационных параметров на скорость снижения напоров подмерзлотного комплекса при эксплуатации системы разгрузочных скважин проведен анализ чувствительности. На моделируемой площади рассчитаны два дополнительных варианта для значений коэффициента упругоёмкости 10^{-4} и 10^{-5} 1/м и три варианта значений коэффициентов фильтрации 0,8, 1,0 и 1,5 м/сутки, т.е. увеличение

фильтрационного параметра наиболее проводимого слоя составила 2, 2.5 и 3 раза соответственно. Анализ чувствительности осуществлялся на модели с 31ой разгрузочной скважиной.

Влияние значений коэффициента упругости

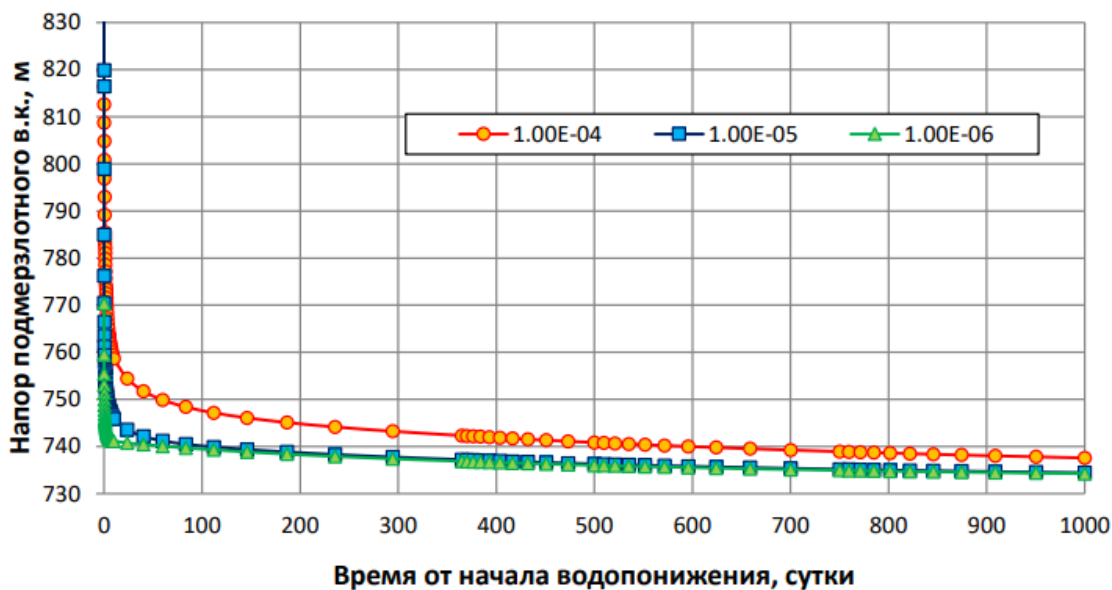


Рисунок 45– График зависимости напора подмерзлотного в.к. от коэффициента упругости β (1/м) при водопонижении

Снижение эффективности работы системы водопонижения при изменении коэффициента упругости существенно ощущается на начальном этапе ее эксплуатации, к концу первого года эксплуатации разница величины водопонижения не превысит 10 м, к трем годам сокращаясь до 5 м. В среднем, изменение коэффициента упругости на порядок приводит к изменению расхода системы водопонижения на начальном этапе эксплуатации на 5 тыс. м³/сутки, в большую сторону при увеличении его значения, в меньшую – при уменьшении. Модельные расчеты дальнейшей эксплуатации системы водопонижения при коэффициентах упругости менее 10^{-5} 1/м свидетельствуют о незначительной чувствительности модели к низким значениям коэффициента. При высоких реальных значениях коэффициента упругости, равных 10^{-4} 1/м, расходы системы могут возрасти на 500-1000 м³/сутки.

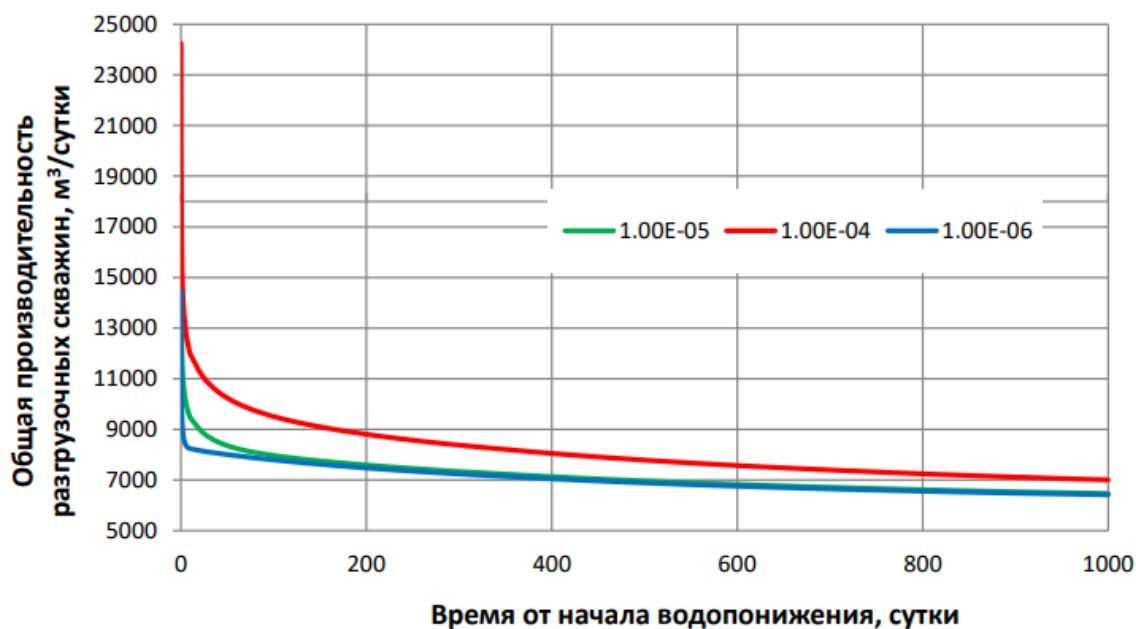


Рисунок 46 – График изменения общей производительности самоизливающихся скважин во времени при различных значениях коэффициента упругости

Влияние значений коэффициентов фильтрации наиболее трещиноватой зоны подмерзлотного водоносного комплекса далее было рассмотрено влияние увеличения проводимости наиболее трещиноватой зоны подмерзлотного в.к. На рис. 51-52 представлены графики изменения напоров и расходов при возрастании проводимости наиболее трещиноватого слоя. Результаты моделирования свидетельствуют о том, что увеличение проводимости слоя может увеличить расходы системы водопонижения максимум на 1-1,5 тыс. м³/сутки (рис. 51), в случае возрастания реальных коэффициентов фильтрации наиболее трещиноватой зоны в три раза. Величина водопонижения, при увеличении проводимости слоя в три раза, через год эксплуатации будет меньше на 10 м, чем расчетная прогнозная величина, через три года – на 5 м.

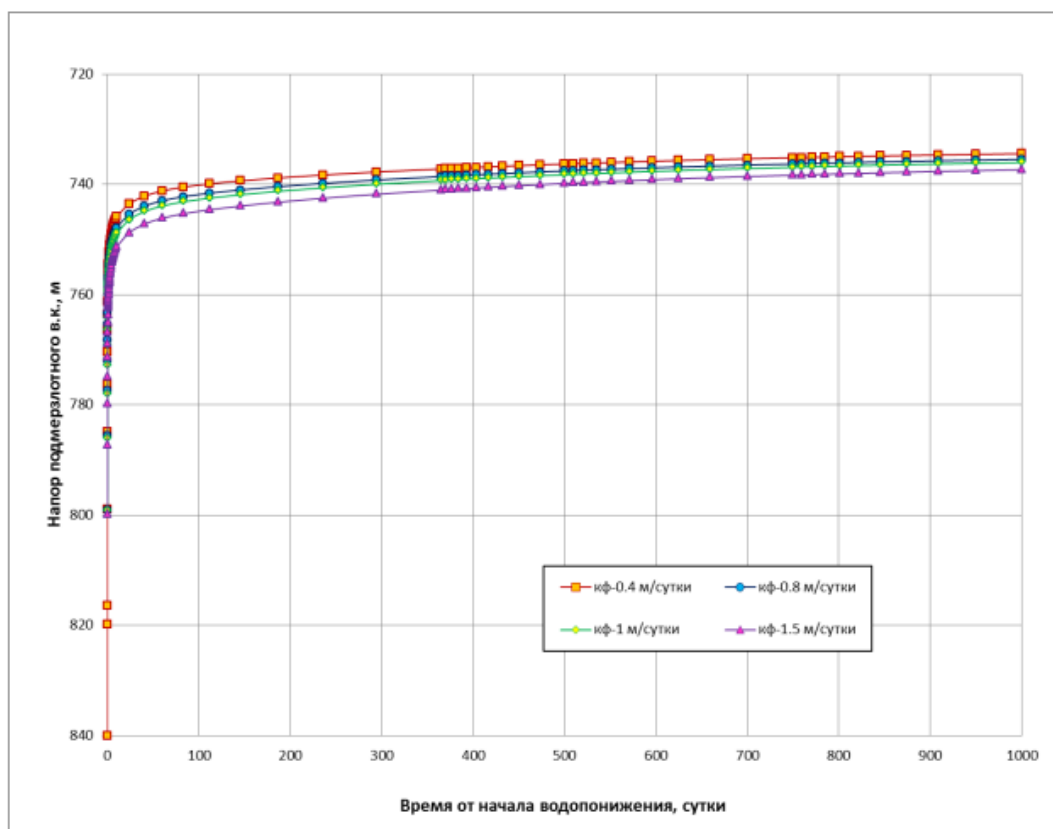


Рисунок 47 График зависимости напора подмерзлотного в.к. от коэффициента фильтрации наиболее проводимого слоя

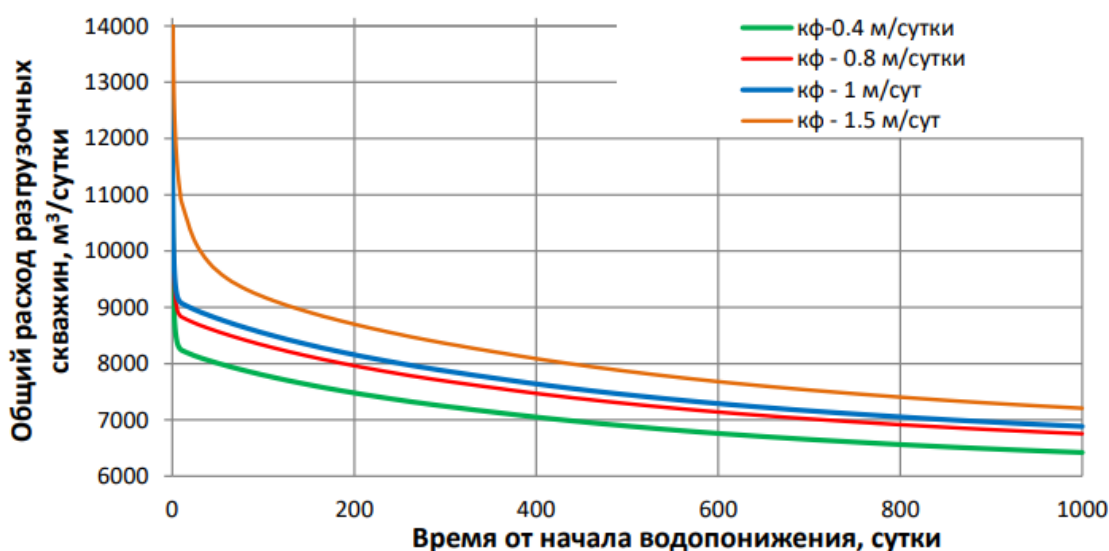


Рисунок 48 График зависимости общего расхода водопонижительных скважин от коэффициента фильтрации наиболее проводимого слоя

Проведенный анализ свидетельствует о необходимости уточнения емкостных и фильтрационных характеристик пород по площади месторождения. Общая неопределенность может достигать 6 тыс. м³ /сутки по части расходов (на начальном этапе эксплуатации, что составляет 50% общего расхода системы водопонижения) и 20 м – по части величины понижения, при наличии неточности у двух параметров одновременно.

Заключение

В настоящем отчете приведены результаты работ по прогнозу гидрогеологических условий дальнейшей разработки месторождения «Дукат» на участке «Центральный», выполненного с использованием численного геофильтрационного моделирования. Отчёт составлен с использованием архивной информации и результатов опытно-фильтрационных исследований, проведенных в 2018 г. В ходе выполнения 3 этапа реализован следующий комплекс работ: • выполнена гидродинамическая схематизация площади месторождения; • разработана трехмерная численная геофильтрационная модель участка работ; • выполнены прогнозные расчеты распределения водного баланса при последовательной разработке нижележащих горизонтов рудника (начиная с а.о. +690м); • предложены и обоснованы с помощью прогнозного моделирования возможные варианты водопонижения посредством разгрузочных скважин; • проведен анализ чувствительности прогнозных расчетов, оценена погрешность расчетов по причине ограниченной изученности. На данном этапе выполнялись численные эксперименты с целью решения эвристической и прогнозных задач моделирования. В рамках решения эвристической задачи проведена калибровка модели по имеющимся расходам скважин, вскрывших подмерзлотный водоносный комплекс. Получена хорошая сходимость расчетных и натуральных расходов выработок. В рамках прогнозного этапа моделирования оценивались водопритоки в выработки при последовательной их отработке, а также оценивалась погрешность прогнозной стационарной модели относительно коэффициента фильтрации наиболее трещиноватой зоны. Общие водопритоки при отработке нижнего горизонта а.о.+621 м составят порядка 700 м³/час. Для прогнозного расчета вариантов водопонижения разгрузочными скважинами рассмотрены варианты с 15 и 31 скважиной. Результаты прогнозных расчетов свидетельствуют о нецелесообразности эксплуатации подобной системы водопонижения более года, т.к. её эффективность, при снижении напоров значительно падает. Максимальная расчетная производительность разгрузочных скважин составила 375 м³/час для ряда из 15 скважин и 500 м³/час для ряда из 31 скважины. Остаточные напоры на подошву выработки при дальнейшей отработке пласта а.о. +690 м составят 44 и 27 м соответственно

Возможные погрешности, связанные с надёжностью используемых значений фильтрационных параметров, могут достигать 40% по величине водопритока в рудник. В связи с чем, для повышения надёжности прогнозных расчетов рекомендуется следующее:

- провести доизучение подмерзлотного водоносного комплекса, оценить характер его площадной неоднородности, в частности оценить фильтрационные параметры в зонах

крупнейших разломов; • произвести определение положения подошвы ТМП по всей площади месторождения для разработки современной мерзлотно-гидрогеологической карты; • установить гидрометрические створы на крупных водотоках в районе рудника и производить режимные наблюдения за расходом и уровнем воды с периодичностью не менее одного раза в месяц; • вести замеры водопритоков в горные выработки; • вести режимные наблюдения за напорами в существующих гидрогеологических скважинах с периодичностью не менее одного раза в месяц; • оценить проводимость таликовых зон.

8.1. Результаты опытно-фильтрационных работ

Полученные в результате проведенных полевых гидрогеологических работ данные использовались для дальнейшей камеральной обработки и интерпретации. В результате получены количественные характеристики фильтрационных параметров, по которым будет совершен прогноз водопритоков и уровня режима на руднике «Дукат». Во время проведения третьей по счёту опытной откачки (возмущающая скважина №1) датчик, установленный в скважине №3, вышел из строя, по этой причине данных по восстановлению и по заключительной части откачки нет. Обработка ОФР производилась с использованием программного комплекса Ansdimat (рисунки 16-21). В качестве расчетной использовалась схема изолированного в разрезе, неограниченного в плане пласта. В связи с умением фактического расхода скважин в процессе опытных выпусков при аналитической обработке также учитывалась переменность дебита опытной скважины. Интерпретация производилась графоаналитическим методом в соответствии с решением Тейса.

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W\left(\frac{r^2}{4at}\right),$$

где

a – пьезопроводность водоносного пласта, м²/сут;

Q – расход опытной скважины, м³/сут;

r – расстояние от опытной скважины до наблюдательной скважины, м;

s – понижение в наблюдательной скважине, м;

T – проводимость водоносного пласта, м²/сут;

t – время от начала откачки, сут;

$$W(u) = \int_u^{\infty} \frac{\exp(-\tau)}{\tau} d\tau$$

функция влияния скважины

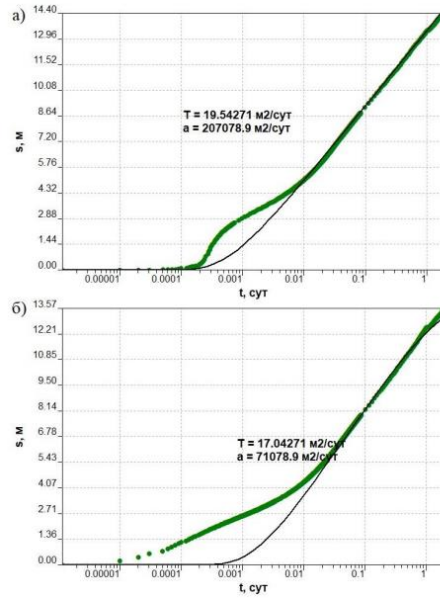


Рисунок 49 График временного прослеживания понижения (а) и восстановления (б) уровня в скважине №2 при возмущающей скважине №1

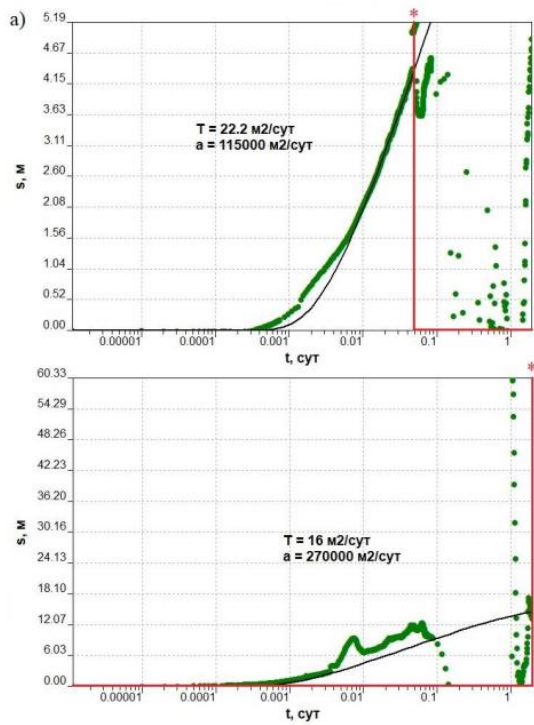


Рисунок 50 График временного прослеживания понижения (а) и восстановления (б) уровня в скважине №3 при возмущающей скважине №1 *красным выделена область где датчик вышел из строя

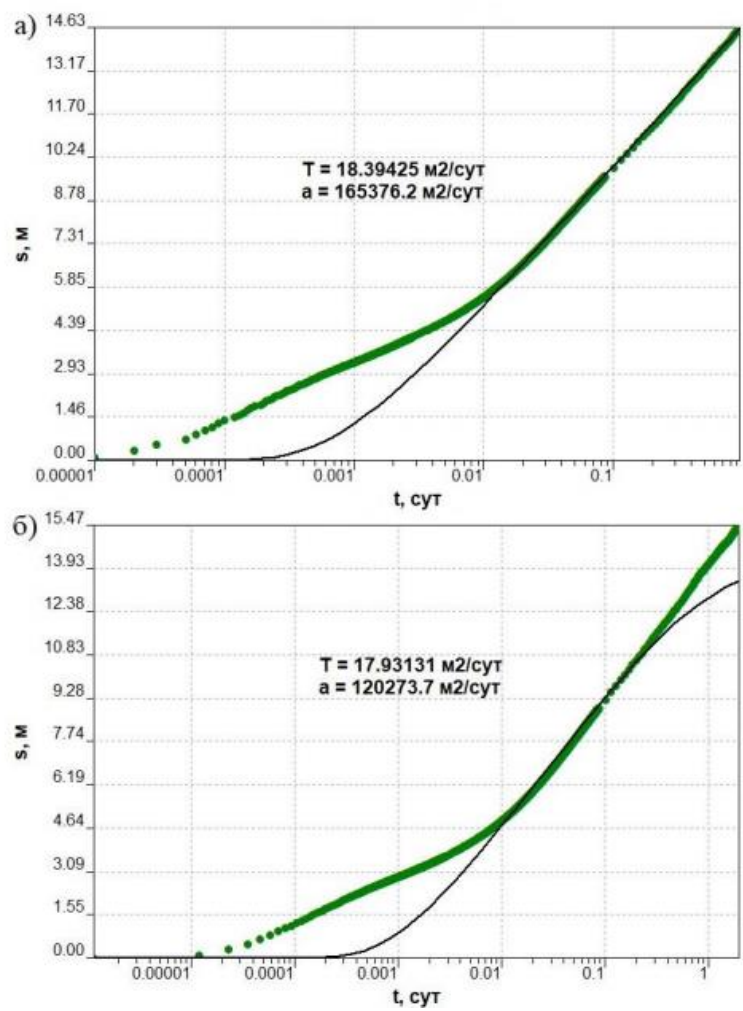


Рисунок 51 График временного прослеживания понижения (а) и восстановления (б) уровня в скважине №1 при возмущающей скважине №2

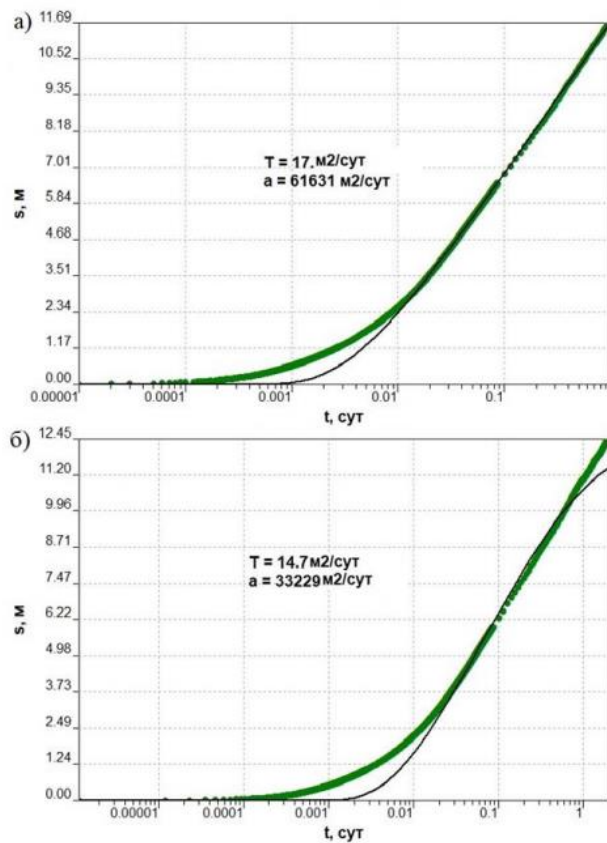


Рисунок 52 – График временного прослеживания понижения (а) и восстановления (б) уровня в скважине №3 при возмущающей скважине №2

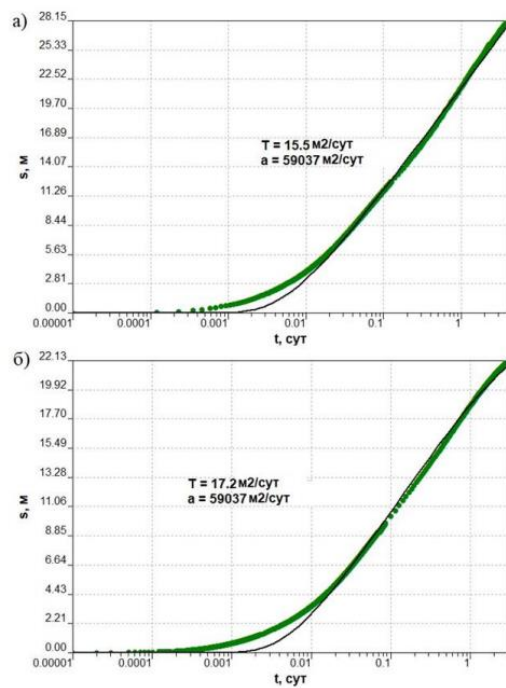


Рисунок 53 График временного прослеживания понижения (а) и восстановления (б) уровня в скважине №1 при возмущающей №3

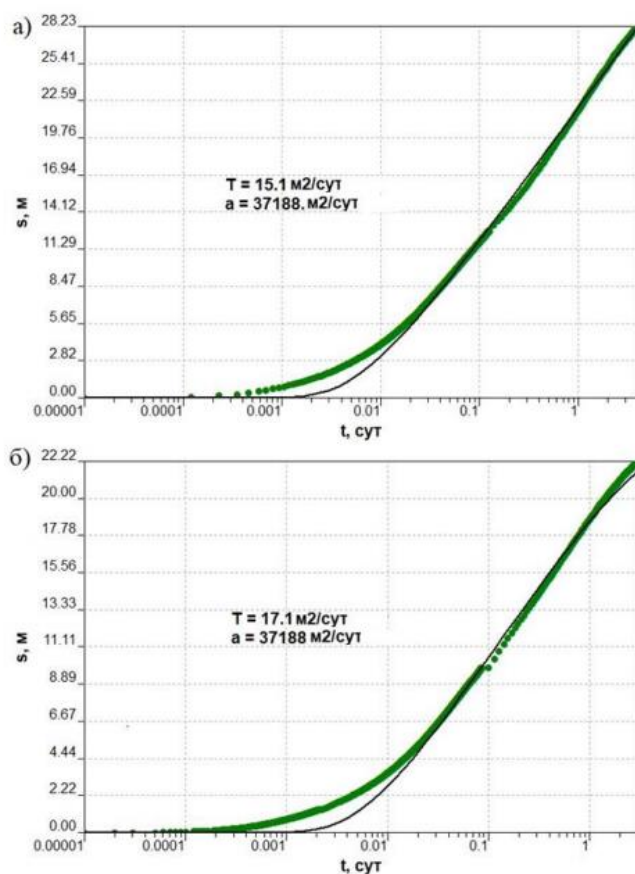


Рисунок 54 – График временного прослеживания понижения (а) и восстановления (б) уровня в скважине №2 при возмущающей скважине №3

Таблица 9 Результаты интерпретации ОФР

№ возмущающей скважины	№ наблюдательной скважины	Проводимость, м ² /сут		Пьезопроводность, м ² /сут	
		Выпуск	Восстановление	Выпуск	Восстановление
1	2	19,5	17,0	207080	71080
	3	22,2	Вышел из строя датчик	115000	-
2	1	18,4	17,9	165380	120280
	3	17,8	14,7	120280	33230
3	2	15,1	17,1	37190	37190
	1	15,6	17,2	59040	59040
Среднее арифметическое		18,1	16,8	107550	64160

Расхождение в форме индикаторного графика и эталонной кривой на начальном участке графиков обусловлено несколькими факторами. Двойной пористостью и не до конца устоявшимся режимом подземных вод после бурения и откачек, однако, конечные участки графиков хорошо лежатся на прямую линию, что свидетельствует о пренебрежительно малом влиянии недовосстановления уровней от предыдущих выпусков. В целом разброс полученных значений водопродимости относительно не большой от 14,7 до 22,2 м²/сутки, что позволяет считать среднюю проводимость опробованного водоносного комплекса равную 17,5 м²/сутки. В результате опробований не удалось однозначно

количественно оценить проводимость трещиноватой зоны, приуроченной к рудному телу. Зафиксированный дебит самоизлива скважины №3, вскрывшей зону трещиноватости вблизи рудного тела, на 70% превышает дебиты скважин №1 и 2, расположенных на удалении от рудного тела, что косвенно свидетельствует о пропорциональной разнице в проводимости этих зон. Параметры проницаемости горных пород будут уточнены при решении эпигнозных задач на численной геофильтрационной модели.

8.2. Расчет дренажных скважин

Прогноз эффективности использования разгрузочных скважин для снижения напоров подмерзлотного водоносного комплекса в почве горных работ выполнен средствами программного комплекса Visual Modflow. Этот метод, не смотря на высокую степень универсальности, решает поставленную задачу только частично. Во-первых, для условий данного участка горных работ моделирование не обеспечено достаточным количеством фактического материала. Во-вторых, создание численной модели является весьма трудоёмким процессом, требует привлечения дорогостоящего программного обеспечения и высококвалифицированных специалистов. В-третьих, повышение надежности прогноза изменения гидрогеологических условий можно ожидать в отдалённом будущем, сопоставимым по времени с наращиванием объёмов фактического материала и уточнением представлений о строении гидрогеологического разреза. Поэтому на начальной стадии изучения гидрогеологических условий представляет интерес применение упрощенных методов прогноза, основанных на применении аналитических расчётов систем взаимодействующих скважин.

Для решения этой задачи мы воспользовались полуавтоматизированной системой расчета взаимодействующих скважин, разработанным в Отделении геологии ТПУ для решения учебных задач.

Вычислительный шаблон создан средствами электронных таблиц EXCEL и настроен на расчёт 20-ти взаимодействующих скважин в условиях квазистационарного режима водопритока. Это позволяет определять понижение уровня в каждой скважине и в ближайшей окрестности, размеры которой задаются по редкой регулярной сети контрольных точек. Изменение количества активных скважин достигается заданием в них нулевого расхода.

Управление вычислительным шаблоном интуитивно понятно и не требует подробного описания. Для получения результата расчёта достаточно ввести исходные данные в ячейки, закрашенные сигнальным цветом (рис. 6)

Анализ работы водозабора в сложных условиях

ВНИМАНИЕ! внести изменения для своего варианта в ячейки, выделенные цветом

Характеристика напорного водоносного горизонта
 Коэффициент фильтрации, м/сут 20 м
 Мощность, м 900 м
 Естественный напор, м 0.002 м
 Водоотдача 10000 а
 20

Характеристика верхнего раздельного слоя
 Напор верхнего питающего пласта, м 105 м
 Мощность, м 30 м
 Коэффициент фильтрации, м/сут 0.00001 м
 Коэффициент перетока 3.333E-07 Крп

Характеристика нижнего раздельного слоя
 Напор нижнего питающего пласта, м 104 м
 Мощность, м 30 м
 Коэффициент фильтрации, м/сут 0.00001 м
 Коэффициент перетока 3.333E-07 Крп

Параметры возмущающих скважин

	Скв. 1	Скв. 3	Скв. 5	Скв. 7	Скв. 9	Скв. 11	Скв. 13	Скв. 15	Скв. 17	Скв. 19	Скв. 21	Скв. 23	Скв. 25	Скв. 27	Скв. 29	Скв. 18	Скв. 17	Скв. 18	Скв. 19	Скв. 20	
Координаты, м X	-177376	-177339	-177324	-177346	-177384	-177376	-177369	-177354	-177330	-177316	-177307	-177293	-177255	-177232	-177269	-177323	-177288	-177250	-177227	-177264	
Координаты, м Y	541890	541883	541923	541954	541947	541986	542034	542073	542105	542145	542184	542161	542146	542185	542200	542130	542166	542151	542190	542205	
Расходы, м ³ /сут	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	0	0	0	0	0	
Радиус фильтра, м	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
Время работы, сут	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	
Проектная продолжительность работы																					
Понижение	39.36	38.94	41.58	44.97	43.51	43.20	39.74	40.51	43.49	48.04	46.26	50.14	44.22	40.07	43.51	28.68	34.63	28.58	23.11	26.72	

Характеристика внешней границы
 Расстояние до границы L 0 м
 Гидродинамический характер
 Неограниченный пласт 0
 Полуограниченный (первого рода) -1
 Полуограниченный (второго рода) 1

Параметры наблюдательной сети
 Режим управления центром (автоматический 1 (ручной 0)) 1 ис

Параметры сетки полигона
 Координата центра полигона (выбор) XCV 1000 XNV 600 Шаг по X 100 dX
 YCV 5000 YNV 4600 Шаг по Y 100 dY

Для выбора центра смотреть план на рабочем листе "SURГочки"

Параметры верхнего и нижнего питающих пластов

Параметры возмущающих и наблюдательных (Q=0) скважин

Рисунок 55 Вычислительный шаблон для расчёта взаимодействующих скважин

Нами рассмотрен прогноз работы 15-ти разгрузочных скважин. Расчёты выполнены для схемы предварительного водопонижения с горизонта а.о.+710 м. для этого оцифрован план расположения дренажных выработок (рис. 50).

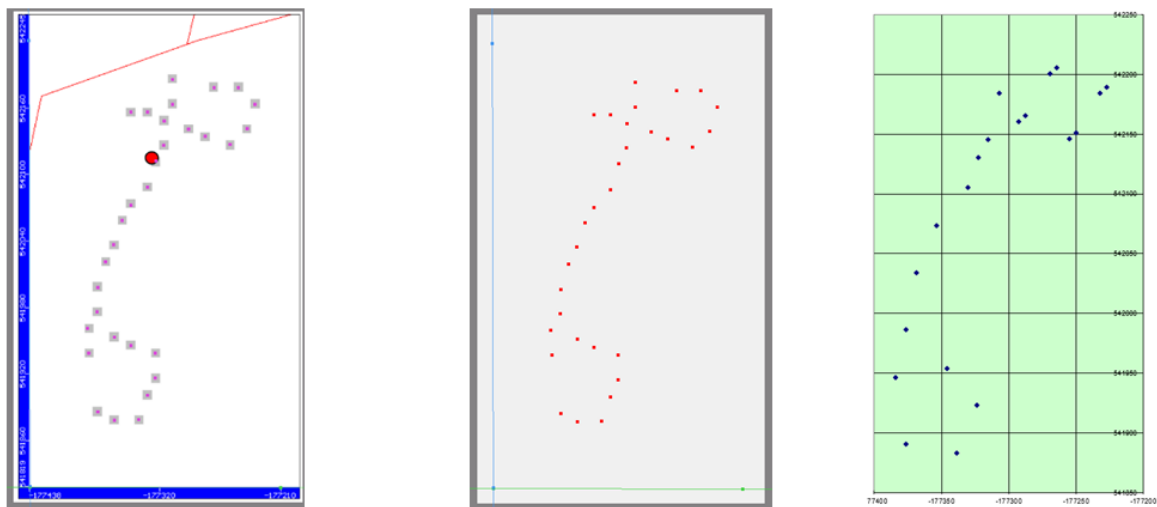


Рисунок 56 Исходный растр схемы расположения скважин (а); результат оцифровки растра схемы (б) и схема расположения дренажных скважин в среде вычислительный шаблон (в)

Необходимые параметры для расчёта приняты из документации опытно-фильтрационных работ. Диаметр дренажных скважин одинаков и равен 127 мм. Расходы приближены к

средним дебитам гидрогеологических скважин при проведении выпусков и составляют 400 м³/сут. Таким образом, суммарный расход самоизливающихся дренажных скважин составит 5000 м³/сут.

Расчёты показывают, что в течение первых суток совместной работы скважин дренажной системы будут достигнуты понижения уровня пьезометрической поверхности подмерзлотного водоносного комплекса, изменяющиеся в пределах от 39,38 до 50,14 м. С течением времени понижения уровня увеличиваются неравномерно (рис. 51-52).

Время, сут	Скв_1	Скв_3	Скв_5	Скв_7	Скв_9	Скв_11	Скв_13	Скв_15	Скв_17	Скв_19	Скв_21	Скв_23	Скв_25	Скв_27	Скв_29
1	800.6	801.1	798.4	795.0	796.5	796.8	800.3	799.5	796.5	792.0	793.7	789.9	795.8	799.9	796.5
5	777.1	777.6	770.6	764.5	768.0	764.6	764.2	762.9	761.6	760.7	765.9	760.3	766.4	774.9	771.1
10	760.5	761.0	754.1	748.0	751.4	748.1	747.6	746.4	745.0	744.1	749.4	743.7	749.9	758.4	754.5
50	722.1	722.6	715.6	709.6	713.0	709.7	709.2	707.9	706.6	705.7	711.0	705.3	711.5	720.0	716.1
100	705.6	706.0	699.1	693.0	696.5	693.1	692.6	691.4	690.0	689.1	694.4	688.8	694.9	703.4	699.6
200	689.0	689.5	682.5	676.5	679.9	676.6	676.1	674.8	673.5	672.6	677.9	672.2	678.4	686.9	683.0
300	679.4	679.8	672.9	666.8	670.2	666.9	666.4	665.2	663.8	662.9	668.2	662.5	668.7	677.2	673.3
500	667.2	667.6	660.7	654.6	658.0	654.7	654.2	653.0	651.6	650.7	656.0	650.3	656.5	665.0	661.1
800	655.9	656.4	649.4	643.4	646.8	643.5	643.0	641.7	640.4	639.5	644.8	639.1	645.3	653.8	649.9
1000	650.6	651.1	644.1	638.1	641.5	638.2	637.7	636.4	635.1	634.2	639.4	633.8	639.9	648.4	644.6

Рисунок 57 Результаты расчёта изменения напоров (А.О.) подмерзлотного водоносного комплекса под влиянием работы разгрузочных дренажных скважин в течение 1000 сут

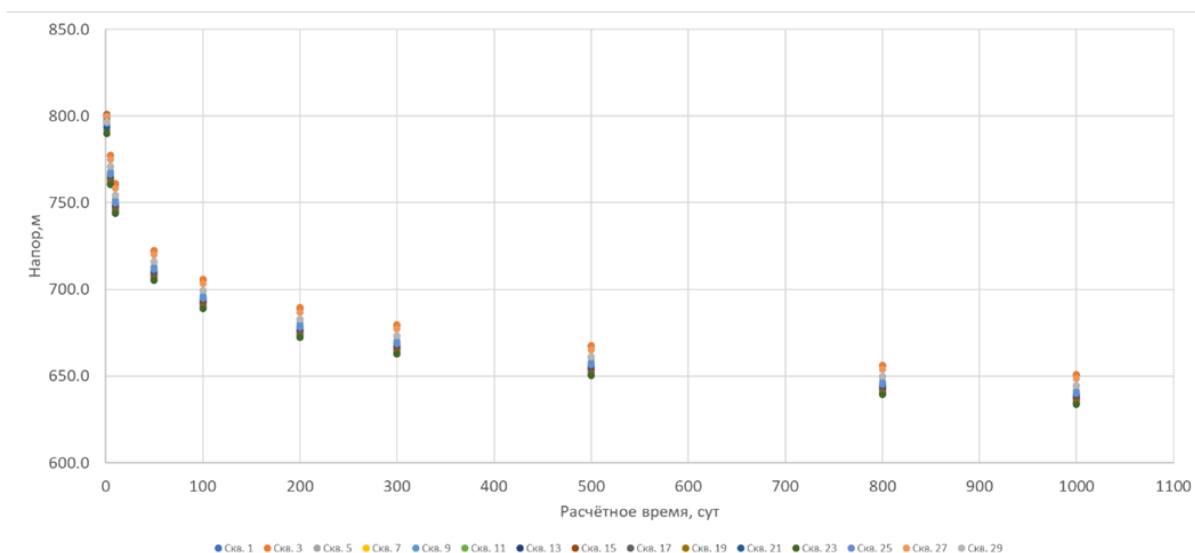


Рисунок 58 Динамика изменения напоров (А.О.) подмерзлотного водоносного комплекса под влиянием работы разгрузочных дренажных скважин в течение 1000 сут

Расчеты показывают, что наиболее интенсивное снижение уровня пьезометрической поверхности происходит в течение первых 300 сут., т.е. за период первого года эксплуатации дренажной системы. Максимальное снижение уровня пьезометрической поверхности наблюдается на относительно небольшом удалении от дренажного ряда (рис. 53-54).

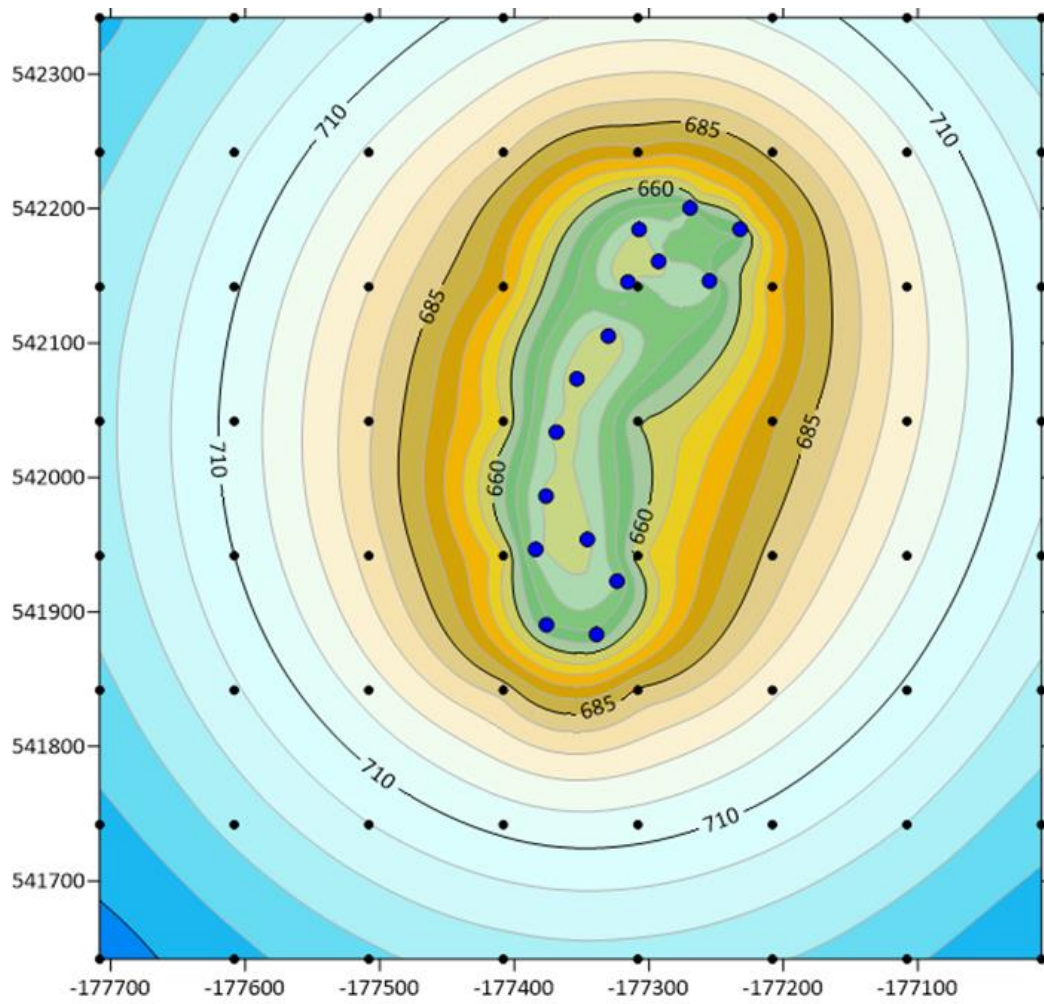


Рисунок 59 Схема прогнозных напоров (А.О.) подмерзлотного водоносного через 1000 сут после начала работы разгрузочных дренажных скважин: чёрные точки контрольные пункты; синие точки дренажные скважины

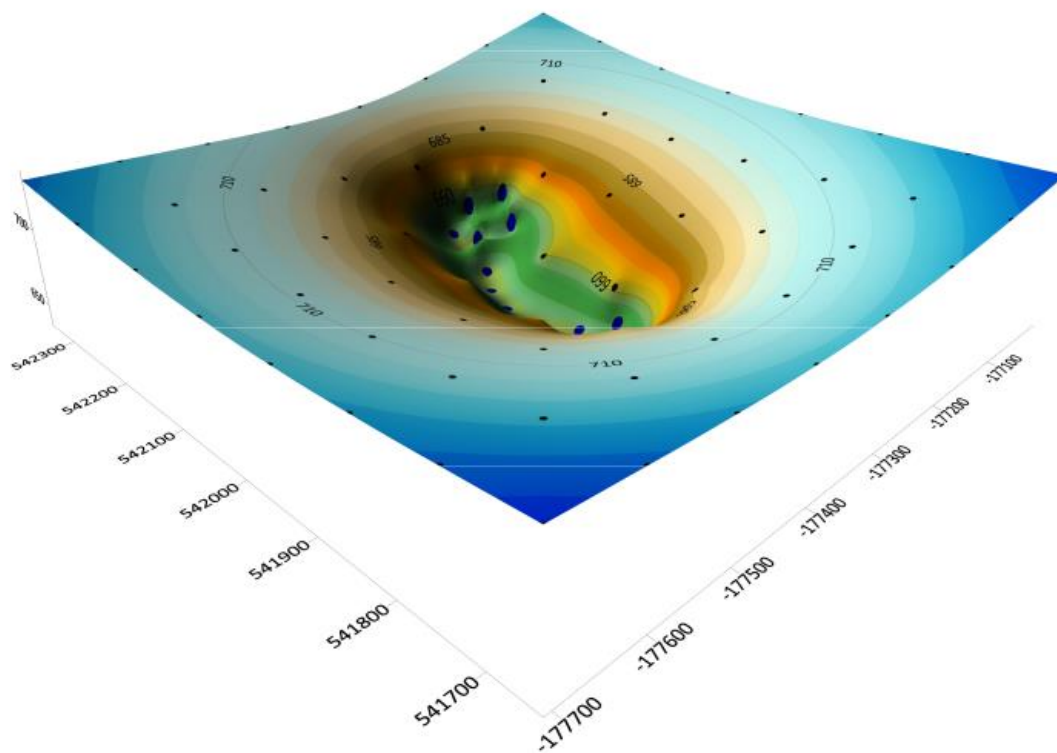


Рисунок 60 Объёмная диаграмма прогнозных напоров (А.О.) подмерзлотного водоносного комплекса через 1000 сут после начала работы разгрузочных дренажных скважин

Вычислительный шаблон позволяет ориентировочно оценить дополнительный приток к очистным горным выработкам на площади, равной полигону контрольных точек (см. рис. 53-54-55).

		1	2	3	4	5	6	7	8
		-177706	-177606	-177506	-177406	-177306	-177206	-177106	-177006
8	542344	139.014	144.409	149.994	155.029	157.604	155.387	149.778	143.614
7	542244	142.426	149.294	157.234	166.115	173.766	168.175	156.860	147.972
6	542144	144.883	153.074	163.411	176.837	193.842	177.437	161.234	150.628
5	542044	145.871	154.756	166.587	183.154	186.388	173.695	161.005	150.888
4	541944	145.088	153.634	165.060	182.838	183.661	168.616	157.806	149.017
3	541844	142.657	149.861	158.523	168.413	169.476	160.714	152.677	145.618
2	541744	139.106	144.616	150.237	154.656	155.193	151.651	146.584	141.336
1	541644	135.061	139.123	142.771	145.208	145.555	143.739	140.548	136.763

Рисунок 61 Результат ориентировочного расчёта расходов перетекания снизу за счёт частичной разгрузки подмерзлотного водоносного комплекса через 1000 сут после начала работы разгрузочных дренажных скважин

Схема организации разгрузочного дренажа

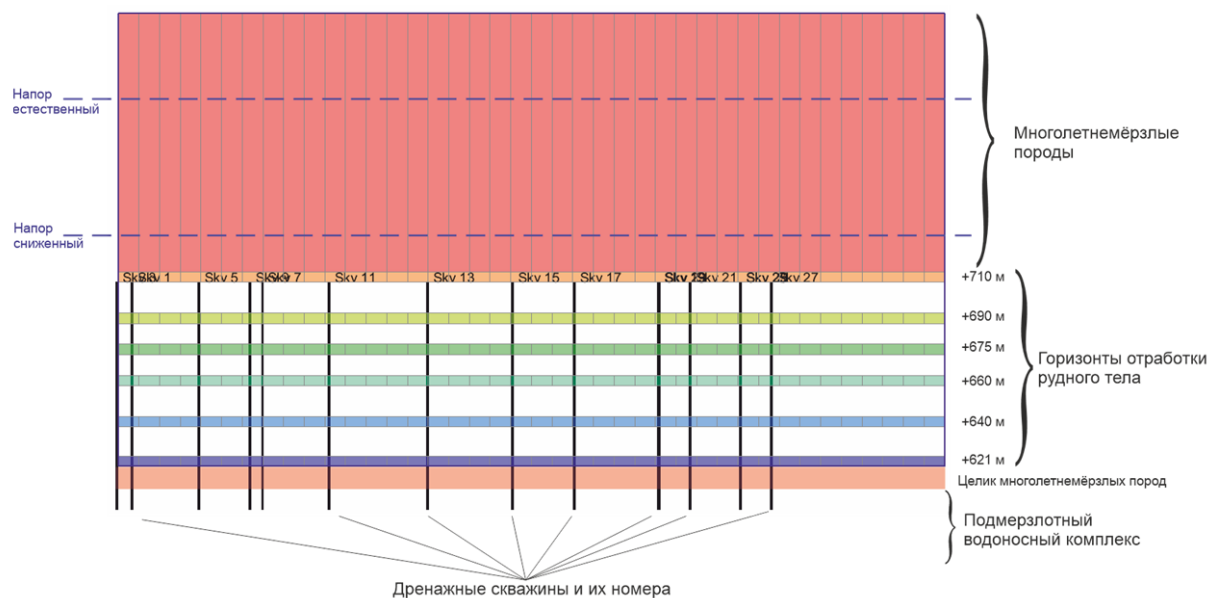


Рисунок 62 Схема организации разгрузочного дренажа (разрез)

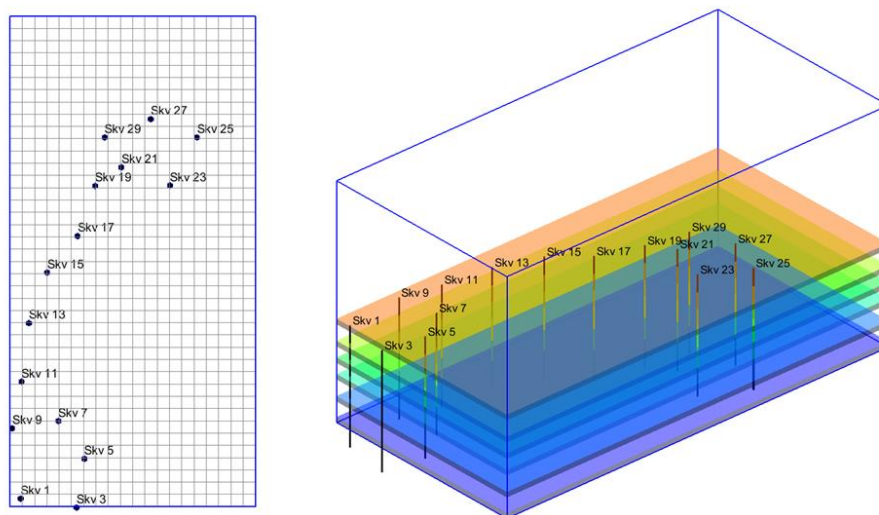


Рисунок 63 Схема размещения дренажных скважин в плане (а) и в объёмном представлении (б)

Через 1000 сут эксплуатации системы дренажных скважин дополнительный приток снизу через породы защитного целика может достигать почти 10000 м³/сут (99666,166 м³/сут).

Таким образом, ожидаемый водоприток на этапе отработки перспективного участка золото-серебряного месторождения «Дукат» по данным аналитических расчётов может составить 15000 м³/сут, что не противоречит результатам, полученным с использованием численного моделирования.

9. Социальная ответственность

Объект исследования – сереборудное месторождение Дукат (Магаданская область)

Область применения – производственные предприятия в области поиска и оценка водопритоков.

Объект исследования расположен на территории Омсукчанского административного района Магаданской области в 650 км от г. Магадан и в 40 км от п. Омсукчан. Районный центр Омсукчан – поселок городского типа. Территория района представляет собой горную местность Верхояно-Колымской складчатой области. Большая часть территории представлена среднегорьем и мелкогогорьем. Колымского нагорья (Колымский хребет или Гыдан), вытянутого в северо-восточном направлении вдоль Охотского побережья с абсолютными отметками от 300-600 до 1500-1800 метров.

Климат района континентальный, отличается длительной и холодной зимой и коротким летом. По данным Омсукчанской метеостанции средняя температура января - 34,2°С, температура декабря достигает -53,3°С. Среднегодовая температура воздуха составляет минус 11,3°С

Данным проектом предусматривается проведение комплекса гидрогеологоразведочных работ, направленных на подсчет запасов подземных вод месторождения Дукат. Работы будут проводиться в два этапа:

1) Полевые работы – предусматривают наблюдение и опытно-фильтрационные работы на территории действующей подземной выработки на месторождении «Дукат»

2) Камеральные работы – предусматривают проведение анализа и обработки полученных данных, работы будут проводиться в специальных предусмотренных для этого местах на территории ГОКа, принадлежащего компании ОАО «Полиметалл».

Данные работы могут сопровождаться проявлением вредных и опасных факторов производственной среды для человеческого организма. Также не исключено возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного, стихийного и социального характера.

7.1 Правовые и организационные мероприятия по обеспечению безопасности

Оценочные геологоразведочные работы выполняются согласно регламентирующему документу «Правила безопасности при геологоразведочных работах». Все сотрудники, занятые на геологических работах, должны пройти предварительный медицинский осмотр и вводный инструктаж в отделе охраны труда. Последующие виды инструктажей – первичный, повторный, целевой сотрудники проходят на участке работ. Контроль за знаниями по технике безопасности производится ежегодно у всего инженерно-технического персонала перед выездом на полевые работы. Все рабочие обязаны пройти инструктаж по технике безопасности по методам труда в геологоразведочных организациях. Буровые работы (монтаж-демонтаж буровых установок, их передвижение, эксплуатация оборудования), проходка горных выработок и опробование рудных тел выполняются в соответствии с требованиями «Правил безопасности при геологоразведочных работах».

Эксплуатации автомобилей и тракторов выполняется в соответствии с «Правилами дорожного движения». Перевозка людей осуществляется на транспортных средствах, предназначенных для этих целей в соответствии с «Инструкцией по безопасной перевозке людей вахтовым транспортом». Все работники предприятия проходят инструктаж по

правилам пожарной безопасности в помещениях и в лесу с регистрацией инструктажа в специальном журнале.

7.1. Производственная безопасность

Сотрудники, задействованные в геологических работах, могут подвергаться прямому и косвенному воздействию вредных и опасных производственных факторов (таблица 7.1.).

Таблица 7.1 – Возможные опасные и вредные факторы при проведении полевого и камерального этапов

№	Факторы	Нормативные документы
Вредные факторы		
1	Движущиеся машины и механизмы, наносящие удар по телу работающего, в том числе подвижные части производственного оборудования	ГОСТ 12.2.061-81[4] ССБТ. ГОСТ 12.2.062-81.[5] ГОСТ 12.4.026-76.[6] ССБТ.
2	Фактор, порождаемый поведенческими реакциями и защитными механизмами живых существ	ГОСТ 12.0.003-2015[1]
3	Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действием которого попадает работающий	ГОСТ 12.0.003-2015[1]
Опасные факторы		
1	Фактор, связанный с аномальными климатическими и микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	ГОСТ 12.1.005-88[13]
2	Напряженность и тяжесть трудового процесса	СанПиН 1.2.3685-21.[11] Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».

		Р 2.2.2006-05[14]
4	Повышенный уровень шума и вибрации;	ГОСТ 12.1.003–2014 [2] ГОСТ 12.1.012-2004 [3]ССБТ.
5	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.	ГОСТ Р 55710-2013[8]
6	Вредные вещества	ГОСТ 12.0.003-2015.[1] ГОСТ 12.1.007-76[9]
7	Запылённость воздушной среды	ГОСТ Р 22.0.01-2016.[7] ГОСТ 33007-2014[10]

7.2. Анализ опасных и вредных производственных факторов и разработка мероприятий по снижению уровня воздействия

7.2.1. Полевой этап

Движущиеся машины и механизмы, наносящие удар по телу работающего, в том числе подвижные части производственного оборудования

При проведении геологических работ на полевом этапе предусматривается использование различных машин и оборудования (экскаваторы, бульдозеры, буровые установки, транспорт передвижения), движущие механизмы которого являются опасным производственным фактором. Несоблюдение мер техники безопасности и неправильная эксплуатация бурового оборудования может привести к несчастным случаям на производстве.

Перед началом работ сотрудники должны пройти инструктаж по работе с оборудованием. Работники быть одеты в плотно прилегающую неповрежденную спецодежду и головные уборы. Своевременно необходимо проводить диагностику оборудования в целях выявления и устранения неисправностей. При работе на буровых установках все потенциально опасные зоны должны ограждаться согласно ГОСТ 12.2.061-8[4]. Также при передвижении установки в зоне работы должны использоваться сигнальные цвета и звуковые сигналы, характеризующие движение работающих машин ГОСТ 12.4.026-76.[6]

Фактор, порождаемый поведенческими реакциями и защитными механизмами живых существ

Повреждения в результате контакта с насекомыми, пресмыкающимися, и животными могут представлять реальную угрозу здоровью человека. Наиболее опасными являются укусы зараженного клеща. При заболеваниях энцефалитом происходит тяжелое поражение центральной нервной системы.

Меры профилактики сводятся к регулярным осмотрам одежды и тела не реже одного раза в два часа и своевременному выполнению вакцинации. Противэнцефалитные прививки создают у человека устойчивый иммунитет к вирусу на целый год. Средства индивидуальной защиты (противэнцефалитные костюмы и костюмы с инсектицидно-репеллентными свойствами; спреи, аэрозоли, кремы – репелленты (отпугивающие клещей) – акарициды (обезвреживающие насекомых), обучение населения методам защиты человека от кровососущих насекомых и клещей, диких животных. Специфика работы на открытом воздухе предполагают большой шанс столкновения с клещом. Проводится ежегодное и обязательное Страхование работников.

При проведении работ в районах, где водятся опасные для человека хищные звери, в каждом полевом отряде должны быть огнестрельное оружие, боеприпасы и охотничий нож. Передвижение строго группами не менее двух человек. При ухудшении метеорологической обстановки (снегопад, гроза, густой туман и т.п.), при агрессивном поведении хищных зверей следует прекратить рекогносцировку территории и принять меры, обеспечивающие безопасность работающих.

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

Электронасыщенность современного геологического производства (электрические установки, приборы, агрегаты) формируют электрическую опасность. При производстве геологических работ в большинстве случаев используется электрическая сеть 380/220 В с глухо заземленной нейтралью .

Действие электрического тока на организм человека носит многообразный характер. Проходя через организм человека, электрический ток вызывает термическое, электролитическое и биологическое действие.

Наибольшая степень безопасности достигается при напряжениях до 10 В. В производстве чаще используют сети напряжением 12 В. и 36 В. Для создания таких напряжений используют понижающие трансформаторы. Изоляция – это слой диэлектрика,

которым покрывают поверхность токоведущих элементов, или конструкция из непроводящего материала, с помощью которых токоведущие части отделяются от остальных частей электрооборудования. Выделяют следующие виды изоляции: - рабочая. Это электрическая изоляция токоведущих частей электроустановки, обеспечивающая ее нормальную работу и защиту от поражения электрическим током. - дополнительная. Это электрическая изоляция, предусмотренная дополнительно к рабочей изоляции для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции. - двойная. Это изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной изоляции. - усиленная. Это улучшенная рабочая изоляция, которая обеспечивает такую же защиту от поражения электрическим током, как и двойная изоляция. Основными изолирующими средствами защиты служат: изолирующие штанги, изолирующие измерительные клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки, диэлектрические галоши, коврики и т.д. К общим мерам защиты от статического электричества можно отнести общее и местное увлажнение воздуха.[1]

Организационно-профилактическим мероприятием по предупреждению поражения электрическим током является проведение специального инструктажа персонала по технике безопасности, плановая аттестация рабочих мест, экзамены на право получения допуска работы для объектов повышенной категории опасности

Фактор, связанный с аномальными климатическими и микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

Требования к микроклимату не распространяются на рабочие места в подземных и горных выработках, в транспортных средствах, животноводческих и птицеводческих помещениях, помещениях для хранения сельскохозяйственных продуктов, холодильниках и складах.

Оптимальные показатели микроклимата распространяются на всю рабочую зону, допустимые показатели устанавливаются дифференцированно для постоянных и непостоянных рабочих мест. Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям.

Таблица 7.2 - Оптимальные значения параметров микроклимата в рабочей зоне

Период года	Категория работ	Температура °С	Относительная влажность %	Скорость движения воздуха ,м/с, не

				более
Холодный период	Средней тяжести 2а	18-20	60-40	0.2

ГОСТ 12.1.005-88[13]

Напряженность и тяжесть трудового процесса

Тяжесть труда - характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность. Тяжесть труда характеризуется физической динамической нагрузкой, массой поднимаемого и перемещаемого груза, общим числом стереотипных рабочих движений, величиной статической нагрузки, характером рабочей позы, глубиной и частотой наклона корпуса, перемещениями в пространстве.

Напряженность труда - характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника. К факторам, характеризующим напряженность труда, относятся: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, степень монотонности нагрузок, режим работы.

Примечание. Гигиенические нормативы обоснованы с учетом 8-часовой рабочей смены. При большей длительности смены, но не более 40 часов в неделю, в каждом конкретном случае возможность работы должна быть согласована с территориальными управлениями Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека с учетом показателей здоровья работников (по данным периодических медицинских осмотров и др.), наличия жалоб на условия труда и обязательного соблюдения гигиенических нормативов.

Р 2.2.2006-05 [14]

На нормализацию условий труда направлены следующие мероприятия:

- чередование периодов работы и отдыха;
- двукратный отпуск в течение одного года работы;
- целесообразность пятидневной рабочей недели с двумя выходными днями

подряд.

Элементами рационального режима труда и отдыха являются производственная гимнастика и комплекс мер по психофизиологической разгрузке, в том числе функциональная музыка.

Повышенный уровень шума и вибрации;

В полевых условиях шум создается работающим оборудованием: буровыми установками, машинами. Что касается камеральных работ, лишний шум издаёт лабораторное оборудование при аналитических исследованиях.

Шум негативно сказывается на общих условиях труда, оказывает отрицательное воздействие на организм сотрудников – затрудняется восприимчивость речи, повышает утомляемость организма и вызывает необратимые изменения в органах слуха. Помимо этого, шум создает нагрузку на нервную систему и оказывает психологическое воздействие на сотрудника лаборатории. ГОСТом 12.1.003-2014 установлены максимально допустимые уровни шума (табл.7.3.).

Таблица 7.3. – Допустимые уровни давления звука (ГОСТ 12.1.003-2014)

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ А
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Научная деятельность, рабочие места в помещениях - в лабораториях для теоретических работ и обработки данных	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий (керновое опробование)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для снижения шума при производстве геологоразведочных работ необходимо на оборудовании нужно устанавливать звукопоглощающие кожухи, применять противошумные подшипники, глушители, избегать трения поверхностей, а также использовать СИЗ.

При работе с ЭВМ в лаборатории характер шума – широкополосный с непрерывным спектром более одной октавы. Поэтому, согласно ГОСТ 12.1.003-2014 уровень шума не более 80 дБА и соответствует нормам. При работе за оборудованием в лаборатории рекомендуется работать не более 4 часов в смену.

Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.

Искусственное освещение должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.13-2000, СП 52.13330.2016

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное (аварийное освещение для эвакуации), охранное. При необходимости часть светильников того или иного вида освещения может использоваться для дежурного освещения.

Рабочее освещение следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Рабочее освещение в производственных и вспомогательных помещениях должно устанавливаться с применением электрических или люминесцентных ламп в виде общего освещения с равномерным или локализованным размещением светильников и комбинированного (общее плюс местное). Применение одного местного освещения не допускается.

Освещенность, создаваемая рабочим освещением в помещениях магазинов, должна приниматься не менее следующих величин.

Искусственное освещение в торговых залах должно быть не менее 300 лк, помещениях для подготовки товаров — 200 лк, в кладовых — 50 лк; коэффициент естественного освещения в торговых залах и помещениях для подготовки товаров при боковом освещении должен быть равен 0,4-0,5%, при верхнем — 2%.

Лампы накаливания и газоразрядные лампы, применяемые для общего или местного освещения, должны быть заключены в защитную и светорассеивающую арматуру. Применение открытых ламп не допускается.

Расстояние от светильников до товара, изделия и тары, находящихся в складских помещениях, должно быть не менее 0,5 м.

Для ограничения слепящего действия светильники общего освещения в производственных помещениях должны быть установлены таким образом, чтобы

выходные отверстия не располагались в вертикальной или наклонной плоскостях, если они могут попасть в поле зрения работающих.

Для местного освещения должны предусматриваться светильники с непросвечивающими отражателями, имеющими защитный угол не менее 30 град. Допускается предусматривать светильники местного освещения с отражателями, имеющими защитный угол от 10 до 30 град., при расположении их ниже уровня глаз работающего.

Для наружного освещения площадок и мест производства работ, расположенных вне зданий, высота установки осветительных приборов должна быть:

для автомобильных дорог — не менее 6,5 м;

для территории — не менее 3,5 м.

Наименьшая освещенность рабочих поверхностей производственных помещений и территорий объектов, требующих обслуживания, при аварийном режиме должна составлять 5% освещенности, нормируемой для рабочего освещения при системе общего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территорий объектов.

Светильники аварийного освещения должны отличаться от светильников рабочего освещения типом, размером или специально нанесенными на них знаками. Арматура аварийного освещения должна иметь отличительную окраску.

Светильники аварийного освещения в помещениях могут быть использованы для эвакуационного освещения.

В процессе эксплуатации осветительных установок необходимо:

периодически, не реже одного раза в год, проверять уровень освещенности в контрольных точках и уровень общей освещенности помещений;

периодически проверять состояние осветительной установки (соответствие ее проекту, наличие стекол, решеток, сеток в светильниках и т.д.) в сроки, определенные лицом, ответственным за электрохозяйство;

периодически производить чистку ламп и осветительной арматуры.

Вредные вещества

Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, называемые для краткости химическими веществами, представляют из себя физические объекты (или их составные компоненты) живой и неживой природы, находящиеся в определенном физическом состоянии и обладающие такими химическими свойствами, которые при взаимодействии

с организмом человека в рамках биохимических процессов его функционирования приводят к повреждению целостности тканей организма и (или) нарушению его нормального функционирования.

Вредные вещества и меры защиты от их воздействия Основные вредные вещества, загрязняющие воздух на пищевых предприятиях – это пыль органического и минерального происхождения, различные газы и пары, образующиеся при переработке сырья, исходных материалов, создании продуктов, а также содержащиеся в отходах производства. Проникшие в организм человека в небольших количествах через органы дыхания, пищеварения или кожу вредные газы, пары и пыль оказывают нарушающее физиологические функции внутренних органов, систем или вызывающие различные заболевания. Основная мера защиты от вредного воздействия химических веществ на работающих в условия возможного загрязнения рабочей зоны — это систематический контроль содержания этих веществ в рабочей среде. В том случае, если содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны превышает ПДК, принимают специальные организационные и технические меры по предупреждению отравления. К организационным мерам относится обязательное применение индивидуальных средств защиты (специальной защитной одежды, обуви, рукавиц, шлемов, противогазов и респираторов, защитных очков, защитных лицевых щитков, нейтрализующих паст и мазей для защиты и очистки кожи). Например, лица, занятые на работах с этилированным бензином, должны обеспечиваться хлорвиниловыми фартуками, перчатками, резиновыми сапогами. К работам с лесоматериалом, обработанным антисептиками, работники без спецодежды и средств защиты (брезентовых курток, брюк, резиновых сапог, рукавиц) не допускаются.

Запыленность воздушной среды

При проведении лабораторных исследований в воздух выделяются вредные и опасные твердые и жидкие вещества.

Для воздуха рабочей зоны производственных помещений и открытых площадок в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 [9] устанавливают предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ. ПДК выражаются в миллиграммах (мг) вредного вещества, приходящегося на 1 кубический метр воздуха, т. е. мг/м³. ПДК пыли приведены в таблице 5.

Таблица 5. Предельно-допустимые концентрации пыли в (ГОСТ 12.1.005-88 [9])

Наименование	Величина ПДК,	Агрегатное	Класс опасности
--------------	---------------	------------	-----------------

вещества	мг/м ³	состояние	
Пыль растительного животного происхождения: • с примесью диоксида кремния	4	аэрозоль	IV

Мероприятия для снижения содержания пыли в воздухе рабочей зоны:

- увлажнение обрабатываемых материалов предупреждает пыление, попадание частиц пыли в воздух рабочей зоны;
- использование вентиляции;
- применение средств индивидуальной защиты.

Расчет уровней шума и вибрации буровой установки

На рабочем месте во время бурения наибольшая вибрация отмечена на установке роторного бурения — до 123 дБ в октавной полосе 31,5 Гц. На установках, осуществляющих бурение турбобуром, параметры среднеквадратичной колебательной скорости ниже допустимого уровня и зачастую не превышают его.

В целом характерно превышение вибрации для всех типов буровых установок в среднегеометрической частоте 31,5 Гц на 23—34 дБ. Высокие значения вибрации во всех октавных полосах частот отмечены на установках, оснащенных электроприводом. При роторном бурении вибрация рабочего места бурильщика выше, чем вибрация пола буровой площадки, и скорость ее больше, чем на рабочем месте бурильщика при турбинном бурении. В то же время при турбинном способе бурения и в период бурения, вибрация буровой площадки превышает вибрацию рабочего места.

Экологическая безопасность

Вредные воздействия на геологическую среду и природоохранные мероприятия при геологических работах классифицируются во «Временных методических рекомендациях по обоснованию природоохранных затрат при производстве геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые».

С целью уменьшения повреждений земельных угодий и снижение вредных воздействий, геологоразведочные организации должны ежегодно разрабатывать планы-графики перемещения буровых агрегатов с учетом времени посевов и уборки сельскохозяйственных культур.

В процессе бурения выполняют следующие охранные мероприятия:

- 1) конструкции скважин должны обеспечивать изоляцию подземных вод от поверхностных и грунтовых;
- 2) промывочные жидкости и химические реагенты, применяемые для промывки должны исключать загрязнение подземных вод;
- 3) слив использованного промывочного раствора и химических реагентов в открытые водные бассейны и непосредственно на почву запрещается;
- 4) все использованные жидкости и химические реагенты вывозятся в специальные места для захоронения.

К предметам I класса опасности относятся люминисцентные лампы. Для утилизации отходов этого класса производят сбор с ограниченным доступом в изолированных помещениях и транспортировка в герметичных емкостях с повышенной степенью безопасности.

К IV классу опасности относятся офисная компьютерная техника, периферийные устройства, светодиодные светильники-панели. Для утилизации таких отходов производится сбор на выделенных спецплощадках, транспортировка производится обычными способами.

К V классу опасности относятся бумага, обрезки бумаги и мусор от уборки помещений. Степень вредного воздействия на окружающую среду отходов данного класса опасности характеризуется как очень низкая, эти материалы, как правило, не несут никакой опасности или угрозы жизни человека, на отходы V класса опасности паспорт не выдается.

Утилизация данных отходов происходит следующим образом: отходы с объекта исследования при помощи обслуживающего персонала, а далее городских служб попадают на общегородские свалки, откуда в дальнейшем могут поступить на переработку.

Утилизация отходов мебели из разнородных материалов происходит согласно ГОСТ 30772-2001 [15] следующим образом. После формирования списка имущества, подлежащего списанию, его следует изучить лицу, исполняющему обязанности эколога в предприятии. Затем необходимо выбрать организацию, которая будет осуществлять дальнейшие операции с отходами, и в итоге происходит списание.

Таким образом, ОАО «Полиметал» ответственно и качественно относится к вопросам утилизации отходов, образующихся в ходе рабочей деятельности, и сохранности атмосферы, гидросферы, литосферы.

Характер последствий различных аварий и катастроф зависит от их вида и масштабов. Как правило, наиболее опасными следствиями крупных аварий являются пожары и взрывы, в результате которых разрушаются или повреждаются производственные или жилые здания, техника и оборудование, гибнут и получают различные поражения люди.

С точки зрения производства работ, связанных с тушением пожаров, спасением людей и материальных ценностей, классификация пожаров производится по трем зонам:

- отдельных пожаров;
- массовых и сплошных пожаров;
- затухающих пожаров и тления в завалах.

Пожары также подразделяются на лесные, торфяные, степные, пожары в населенных пунктах, газовые, газонефтяные и нефтепродуктов.

Пожары в зданиях и сооружениях характеризуются быстрым повышением температуры, задымлением помещений, распространением огня скрытыми путями.

Наибольшие трудности при организации тушения пожаров возникают на нефтеперерабатывающих и химических предприятиях со взрывоопасной технологией.

Поражающими факторами пожаров являются:

- открытый огонь и искры;
- повышенная температура окружающей среды и предметов;
- токсичные продукты горения, дым;
- пониженная концентрация кислорода в воздухе (менее 16%);
- обваливающиеся конструкции зданий и сооружений.

В результате самостоятельного или комбинированного воздействия поражающих факторов среди пораженных в ЧС на пожароопасных объектах возможны изолированные, комбинированные или сочетанные поражения: ранения различной локализации и характера, ожоги кожи, ожоги глаз, термические поражения и баротравма органов дыхания, травма органов желудочно-кишечного тракта, отравления продуктами горения и др.

Причины, определяющие число санитарных потерь при пожарах:

- масштабы пожара;
- характер и плотность застройки в населенных пунктах;
- огнестойкость зданий и сооружений;
- метеорологические условия (скорость ветра, осадки и др.);
- время суток и плотность населения в зоне действия поражающих факторов.

Причиной гибели людей может быть высокая температура задымленной среды. Вдыхание продуктов сгорания, нагретых до 60°C, даже при 0,1% содержании оксида углерода приводит к летальному исходу. Вдыхание перегретого воздуха вызывает ожог слизистой верхних дыхательных путей.

В закрытых помещениях концентрация продуктов горения достигает токсических величин значительно быстрее. Концентрация оксида углерода в воздухе до 0,2% вызывает смертельные отравления людей при пребывании их в зоне в течение 30-60 минут, а при концентрации 0,5-0,7% – в течение нескольких минут.

Массовая ожоговая травма возникает при пожарах, взрывах и других техногенных катастрофах и стихийных бедствиях. По данным ВОЗ, термическая травма занимает 3 место среди прочих травм.

Термический ожог – вид травмы, возникающий при воздействии на ткани организма высокой температуры. Ожоги при пожарах характеризуются глубокими поражениями кожного покрова и часто сопровождаются ингаляционными поражениями и механической травмой.

Особенности эвакуации пострадавших от ожоговой травмы:

- после оказания первой помощи в первую очередь эвакуируются пострадавшие с тяжелыми повреждениями и отравлениями, представляющими угрозу для жизни, т.е. пострадавшие с быстро нарастающими опасными для жизни расстройствами основных жизненно важных функций организма

Вывод

В ходе написания раздела «Социальная ответственность» были выявлены вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникнуть при проведении разведочных работ и оказывать негативное влияние на человека, даны мероприятия для минимизирования влияния данных факторов.

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал должен обладать I группой допуска по электробезопасности. Получение допуска по электробезопасности происходит после проведения инструктажа и успешной сдаче экзаменов по электробезопасности и оказанию первой помощи при поражении электрическим током.

Категория тяжести труда согласно СанПиН 1.2.3685-21[11] «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» относится к категории Пб (работы, связанные с ходьбой,

перемещением, переноской грузов весом до 10 кг с умеренным физическим напряжением).

Рассмотренный объект, оказывающий значительное негативное воздействие на окружающую среду, относится к объектам I категории.

10. Сметная стоимость

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью выпускной квалификационной работы является изучение гидрогеологических условий района рудно-добывающей компании поселка Дукат, Магаданской области. Целью данного раздела является оценка гидрогеологических условий данного района. Необходимо спланировать виды и объемы работ по проекту, представить календарный график выполнения работ, провести расчет стоимости гидрогеологических работ на данном объекте.

Основные направления деятельности АО Полиметалл

Компания «Полиметалл» — один из лидеров по добыче драгоценных металлов с активами в **России и Казахстане**. Входит в топ 10 золотодобывающих компаний мира. Акции «Полиметалла» торгуются на Лондонской и Московской фондовых биржах, а также на бирже Международного финансового центра «Астана» - Astana International Exchange (Казахстан). Владеет десятью действующими месторождениями золота и серебра, а также высококлассным портфелем проектов развития.

Оценка коммерческого потенциала и перспективности разработки проекта

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

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

Таблица 10 Итоговая матрица SWOT- анализа

Сильные стороны проекта	Слабые стороны проекта
-------------------------	------------------------

<p>C1 Акцент на активы с высокими содержаниями</p> <p>C2 Строгий подход к управлению капиталом</p> <p>C3 Инвестиции в геологоразведку</p> <p>C4 Система хабов</p> <p>C5 Образцовое корпоративное управление и ответственность</p>	<p>Сл1 Разбросанность объектов</p> <p>Сл2 Не защищенность от конкуренции</p>
<p>Возможности</p> <p>B1 Высокие транспортные издержки</p> <p>B2 Создание фабрики автоклонового окисления</p>	<p>Угрозы</p> <p>У1 Сложные логистические цепочки</p>

Таблица 11 (Продолжение)Таблица Угроз

<p>Угрозы:</p> <p>У1 Сложные логистические цепочки</p>	<p>Одной из сильных сторон данной компании является популярность, поэтому ее следует развивать, что бы не возникало таких угроз, как сложные логистические цепочки ,</p>	<p>Потенциальную опасность для данного компании представляет разбросанность объектов, и поставка золота и серебра так как с ними связаны слабые стороны</p>
---	--	---

Виды и объемы проектируемых работ

Для гидрогеологических условий необходимы следующие работы.

Таблица 12 Виды проектируемых работ

п.п	№	Основные виды и этапы работ
		1.Полевые работы
	1	Проведение откачек из скважин и геологическая документация, опробование воды
.2	1	Отбор проб
.3	1	Гидрогеологические наблюдения
.4	1	Печать, фальцовка, перешлет отчета
.5	1	Обработка полученных результатов полевых и лабораторных работ и составление отчета по подсчету запасов технических вод
	2	2.Лабораторные работы
.1	2	Определение химического состава воды и составление протоколов

Виды и объемы работ, указанные в таблице определены в соответствии с ГОСТ 21.302-96

Календарный план проведения работ

Таблица 13 Календарный план проведения работ

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

Камеральные работы	1 августа 2022 г. по 10 августа 2022 г.
--------------------	---

Для разработки проекта нужно получить точную информацию об участке, в том числе его гидрологическом режиме. С целью определения расположения, толщины, глубины залегания и границ водоносных горизонтов проводят гидрогеологические изыскания. Данные испытания также позволяют изучить химический состав грунтовых вод, составить прогноз их вероятных изменений.

Таблица 14 Диаграмма Ганта

Виды работ	ут.	Продолжительность выполнения работ				
		1. 06-15.06	16. 06-30.06	1. 07-15.07	16. 07-31.07	1. 08-15.08
Проектно- сметные	5					
Подготовит ельные						
Организац ионные	1					
Полевые	0					
Лабораторн ые	5					
Камеральн ые	0					

Расчет основных расходов

К основным расходам относятся:

- 1) расходы на основную и дополнительную зарплаты работников
- 2) страховые и социальные отчисления
- 3) материальные затраты

Таблица 15 Основные расходы

Исполнители по категориям	Трудоёмкость чел.- дн.	Районный коэф.	Зарботная плата приходящаяся на одинч-дн., руб.
Участковый геолог	1	1.7	6443
Техник гидрогеолог	1	1.7	3221.5
Лаборант	1	1.7	1575
Итого			
12342			
Дополнительная зарплата, руб.			
Участковый геолог		1690	
Техник геолог		966	
Лаборант		236	
Итого: 2892 руб.			

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$З \text{ внеб} = К \text{ внеб} * (З \text{ осн} + З \text{ доп}),$$

Где К внеб – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды

(пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет 30 % в 2022 году (ст. 425 НК РФ).

Таким образом, отчисления во внебюджетные фонды составят: $(12\ 342 + 2892) * 0,3 = 4\ 570,2$ руб.

Расчет сметной стоимости проектируемых работ

Стоимость гидрогеологической разведки определялась по СБЦИИС (справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства) (цены приведены к базисному уровню на 01.01.2001г.)

Таблица 16 Сметная стоимость

№ п.п.	Наименование работ	Ед. измер	Количество	Ст-ть работ	районный коэф.	Общая стоимость	Обоснование
1	отбор проб	литр	6	67.3	1.7	686.46	
2	Гидрогеологические наблюдения при бурении скважины диаметром 160 мм	смена	3	2540	1,7	12 954	
3	определение воды на химический состав	литр	1.5	329	1.7	838.95	
4	камеральная обработка гидрогеологических наблюдений	метр	300	9.3	1.7	4743	

5	Маршрутные наблюдения	метр	3000	36	1.7	183 600.00	табл.2, п. 1.1
6	Обследование объектов неблагоприятного техногенного воздействия для определения условий и ограничений для проектирования	объект	1	2219	1.7	3 772.30	табл.2, прим. 2, п. 3
7	Сбор и анализ архивных и справочных материалов	объект	1	723	1.7	1 229.10	табл. 3, п.5
8	Сбор и анализ проектных материалов	объект	1	1013	1.7	1 722.10	табл. 3, п.9
9	Составление технического задания	объект	1	248	1.7	421.60	табл. 4, п.1
10	Характеристика современного состояния территории	объект	1	484	1.7	822.80	табл. 6, п.1
11	Характеристика климатических условий	объект	1	318	1.7	540.60	табл. 7, п.2
12	Техническое оформление документации			15.00	1	15.00	табл. 27 (1,1% от пп.8-11), п.1
13	Выпуск документации			105.118	1	105.12	табл. 27 (2,57 % от пп.8-11, 3 экземпляра) п. 2
14	Разработка программы производственного контроля (мониторинга) за	программа	1	7360	1	7 360.00	табл. 24, п.1

характером изменения всех компоненто экосистемы при исследовании и эксплуатации объекта						
Итого с учетом коэффициента пересчета базовой стоимости в ценах 2000 г. в текущий уровень цен (К = 3,485) п.п.1-9					762 556,42	
Получение справки о наличии зон санитарной охраны источников подземного водоснабжения					51 735.92	
НДС 20%					141 704.06	
Получение справки о фоновых и климатических характеристиках					41 654.00	
ИТОГО					995 059.61	

Согласно сметному расчету, стоимость комплекса инженерно-геологических изысканий составит 995 059.61 рублей с учетом НДС.

Сметная прибыль – это расходы на уплату налогов, развитие производства и инфраструктуры, на материальное стимулирование и обеспечение благоприятных условий жизни работников. Сметная прибыль определяются умножением утверждённого норматива прибыли от суммы основных и накладных расходов. Накладные расходы представляют собой дополнительные к основным расходам затраты на управление, организацию и обслуживание производства. Накладные расходы для расчётов применяются в размере утверждённого процента – 20% от суммы основных расходов: 762 556.42 руб. * 20% = 141 704.06 руб. Сметная прибыль – это расходы на уплату налогов, развитие производства и инфраструктуры, на материальное стимулирование и обеспечение благоприятных условий жизни работников. Сметная прибыль определяются

умножением утверждённого норматива прибыли (10 %) от суммы основных и накладных расходов: (762 556.42 тыс. руб. +141 704.06 тыс. руб)·10 % = 90 426.048 руб.

Таблица 17 Смета расходов на проведения исследований

п.п	№	Статьи расходов	Сметная стоимость руб.
	1	Основные расходы	762 556.42
	2	Накладные расходы -20%	141 704.06
	3	Полная себестоимость работы	995 059.61
	4	Прибыль	99505.961
	5	Рентабельность %	10
	6	Договорная цена	1094565.57
	7	НДС -20%	218 913.114
		Итого договорная цена с НДС	1 313 478.68

Таким образом, стоимость проведения лабораторных исследований керна
Составляет 1094565.57 рублей без учета НДС и 1 313 478.68 с учетом НДС.

Заключение.

В ходе выполнения работы были проведены расчеты, которые показали, что общие затраты, которые несет компания-заказчик на проведение исследований кривой восстановления уровня одной скважины, с учетом НДС 20% составляют 1 313 478.68 руб.

Обработка КВУ позволяет рассчитать пластовое давление, дебит жидкости и коэффициент продуктивности, а в случае регистрации глубины

ВНР – обводнённая продукция. При совместной регистрации глубины уровня жидкости и давления глубинным манометром можно получить оценку средней плотности жидкости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы[1]
- 2.ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ Система стандартов безопасности труда[2]
- 3.ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность.[3]
- 4.ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Общие требования к безопасности [4]
- 5.ГОСТ 12.2.062-81. Производственное оборудование [5]
- 6.ГОСТ 12.4.026-76. ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности [6]
- 7.ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях [7]
- 8.ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий[8]
- 9.ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда[9]
- 10.ГОСТ 33007-2014 Оборудование газоочистное и полеулавливающее[10]
- 11.СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности [11]
- 12.Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».[12]
13. ГОСТ 12.1.005-88 .Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны[13]
14. Р 2.2.2006-05. Гигиена труда
- 15.ГОСТ 30772-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами