

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки Природообустройство и водопользование
 Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Оценка горно-геологических условий района карьера песка для обустройства Тагульского месторождения (Туруханский район, Красноярский край)

УДК 556.531.4(282.256.6)

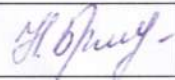
Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM71	Берлизова Александра Дмитриевна		5.06.19

Руководитель ВКР

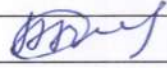
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОГ, Доцен	Гусева Н.В.	к.г.-м.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Бракоренко Н.Н.	к.г.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Волкова А.Л.			10.05.19

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Атапаева Н.А.			30.05.2019

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Савичев О.Г.	д.г.н., профессор		5.6.19

Томск – 2019 г

Планируемые результаты обучения

<i>Код</i>	<i>Результат обучения</i>	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон</i>
Общие по направлению подготовки		
P1	Демонстрировать глубокое знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах безопасности жизнедеятельности, быть компетентным в вопросах устойчивого развития	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 01.004 «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»; 3.018 «Специалист по эксплуатации мелиоративных систем»; 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»
P2	Самостоятельно приобретать с помощью новых информационных технологий знания и умения и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 01.004 «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»; 3.018 «Специалист по эксплуатации мелиоративных систем»; 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»
P3	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, включая разработку документации и презентацию результатов проектной и инновационной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 01.004 «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»; 3.018 «Специалист по эксплуатации мелиоративных систем»; 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»
<i>Код</i>	<i>Результат обучения</i>	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон</i>
P4	Использовать педагогически обоснованные формы, методы и приемы организации деятельности обучающихся, применять современные технические средства обучения и образовательные технологии образовательных программ «Природообустройство и	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессионального стандарта: 01.004 «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»

	водопользование» и «Прикладная геология»	
P5	Проводить учебные занятия по учебным предметам, курсам, дисциплинам образовательных программ «Природообустройство и водопользование» и «Прикладная геология»	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессионального стандарта: 01.004 «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»
P6	Использовать знания в области водного хозяйства и природообустройства (мелиорации, рекультивации, инженерной защиты территорий) для надлежащей эксплуатации сооружений и систем природообустройства и водопользования, охраны водных объектов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 3.018 «Специалист по эксплуатации мелиоративных систем»; 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»
P7	Разрабатывать документацию по эксплуатации мелиоративных систем, рекультивации нарушенных земель и водных объектов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 3.018 «Специалист по эксплуатации мелиоративных систем»; 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»
<i>Код</i>	<i>Результат обучения</i>	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон</i>
P8	Проводить эксплуатацию и мониторинг сооружений и систем природообустройства и водопользования, обеспечивать выполнение требований по безопасности гидротехнических сооружений, охраны природы	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 3.018 «Специалист по эксплуатации мелиоративных систем»; 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»
P9	Использовать знания о геологических, геохимических, гидрологических, гидрогеологических, климатических процессах для определения параметров проектируемых сооружений и систем природообустройства и водопользования, выявления опасных природных и	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 10.003 «Специалист в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности»; 10.006 «Градостроитель»

	техногенных процессов	
P10	Разрабатывать раздел проектной документации «Охрана окружающей среды»	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 10.003 «Специалист в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности»; 10.006 «Градостроитель»
P11	Проводить инженерно-геологические, инженерно-экологические, инженерно-гидрометеорологические изыскания, экологический мониторинг, руководить проведением инженерных изысканий и экологического мониторинга	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 10.003 «Специалист в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности»; 10.006 «Градостроитель»

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки - Природообустройство и водопользование
Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

 12.17 Савичев О.Г.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
2BM71	Берлизовой Александре Дмитриевне

Тема работы:

Оценка горно-геологических условий района карьера песка для обустройства Тагульского месторождения (Туруханский район, Красноярский край)

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 3053/с от 17.04.2019 г.
---	---------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2019
--	------------

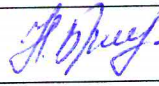
ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Фактический изысканий «Сибгидростройпроект». исследовательская опубликованная документы, материалы автора	фондовый организации работа литература, производственной	материал ОАО Научно- студента нормативные работы
--	---	--	---

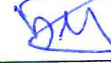
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	В первой главе провести анализ состояния изученности проблемы исследований. В общей части дать характеристику физико-географических, геологических условий. Дать оценку горно-геологических условий района карьера песка для обустройства Тагульского месторождения. Провести лабораторные испытания песчаных грунтов по определению углов откоса в естественном и состоянии, и при полном водонасыщении для дальнейших расчетов устойчивости бортов карьера. Рассчитать устойчивость бортов карьера, оценить изменения коэффициента устойчивости при оттаивании и водонасыщении грунтов. Провести оценку воздействия разработки карьера на поверхностные водные объекты.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Инженерно-геологический разрез по линии I-I
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Ассистент ОСГН, Волкова А. Л.
Социальная ответственность	Старший преподаватель ООД, Атепаева Н. А.
Английский язык	Доцент ОИЯ, Айкина Т. Ю.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Анализ прогностических моделей деформаций карьера / Analysis of prognostic models for open-pit mine deformations (Приложение А)	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОГ	Бракоренко Н.Н.	К.Г.-М.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM71	Берлизева А.Д.		1.12.17

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки - Природообустройство и водопользование
 Уровень образования высшее профессиональное образование
 Отделение геологии

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.02.2018	Изученность исследуемого вопроса	10
01.06.2018	Физико-географическая характеристика района исследований,	10
01.02.2019	Горно-геологические условия района карьера песка	15
06.05.2019	Расчет коэффициента устойчивости рабочего борта карьера, расчет изменения уровня воды в озере в весенне-летний период	15
06.05.2019	Расчет дополнительной мутности в ручье в результате разработки карьера	15
06.05.2019	Рекомендации по рекультивации карьерной выработки	15
06.05.2019	Английская часть	10
06.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
06.05.2019	Социальная ответственность	5

СОСТАВИЛ:

Консультант ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОГ	Бракоренко Н.Н.	К.Г.-М.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОГ	Савичев О.Г.	Д.Г.Н.		5.6.19

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

Студенту:

Группа	ФИО
2BM71	Берлизевой Александре Дмитриевне

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОГ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.02 Природообустройство и водопользование

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость разведочного бурения одного погонного метра – 5927,62 руб.; Стоимость проведения лабораторных исследований 1-й пробы полезного слоя – 3836,51 руб. (без учета индекса); Сметная стоимость полевых и лабораторных работ – 2440,90 тыс. руб.; расходы по внешнему транспорту – 666,11 тыс. руб. (без учета индекса)
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизации 10%. Премии 30%; надбавки 20%; дополнительная заработная плата 13,5%; накладные расходы 16%; районный коэффициент 1,6; районный коэффициент для оплаты работы партии 1,8%; сметный расчет выполняется согласно СБЦ (01.01.99г.) с учетом индекса изменения сметной стоимости на I квартал 2019 г. – 47,12; расходы по внешнему транспорту – 39,2% от сметной стоимости полевых работ.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Упрощённая, тарифы на пенсионное страхование – 22%; обязательное социальное страхование (ОСС) – 2,9%; обязательное медицинское страхование (ОМС) – 5,1%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Анализ конкурентных технических решений
2. Разработка устава научно-технического проекта	Целью данного проекта является определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление плана проведения работ, расчет основных статей расходов, определение: этапов выполнения работ; трудоемкость этапов работ, подсчёт затрат на выполнение работ; разработка графика Ганта (календарного план-

	графика проекта)
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет интегрального показателя эффективности НИ
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. «Портрет» потребителя результатов НТИ 2. Сегментирование рынка 3. Оценка конкурентоспособности технических решений 4. Диаграмма FAST 5. Матрица SWOT 6. График проведения и бюджет НТИ 7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ 8. Потенциальные риски	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения социально-гуманитарных наук	Волкова А. Л.			1.12.15

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM71	Берлизева Александра Дмитриевна		1.12.17

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2BM71	Берлизевой Александре Дмитриевне

Школа	Природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	Природообустройство и водопользование/ Инженерные изыскания в области природообустройства 20.04.02

Тема ВКР:

«Оценка горно-геологических условий района карьера песка для обустройства Тагульского месторождения (Туруханский район, Красноярский край)»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: территория Туруханского района Красноярского края. Рабочая зона: кабинет камеральной обработки результатов полевых работ инженерно-геологических изысканий, необходимые для изучения инженерно – геологических условий района, расчета коэффициента устойчивости бортов карьеров.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	• «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых», утверждены приказом №599 Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.12.2013г • ПОТ 00030171-10 «Правила по охране труда при добыче песчано-гравийных материалах и обслуживании специальных механизмов и устройств на добывающих снарядах» • ПБ 08-37-93 (Изменения и дополнения к «Правила безопасности при геологоразведочных работах») • РД 39-090-91 (Инструкция по безопасному ведению лабораторных инженерно-геологических работ) • Трудовой кодекс Российской
---	---

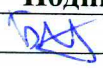
	Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1) Анализ выявленных вредных факторов при проведении полевых работ: - отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе; - тяжесть и напряженность физического труда; - повреждение в результате контакта с насекомыми; 2) Анализ выявленных вредных факторов при проведении лабораторных и камеральных работ: - отклонение параметров микроклимата в помещении; - недостаточная освещенность рабочей зоны; - электрический ток; - превышение уровня электромагнитных излучений;
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Перечислить возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; Наиболее типичными чрезвычайными ситуациями в данном регионе являются: - опасные гидрометеорологические явления; - нападение лесных животных; - возникновение пожаров; - потеря ориентации в лесу.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна			4.04.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM71	Берлизева Александра Дмитриевна		4.04.19

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 139 страниц, 36 рисунков, 33 таблицы, 24 формулы, 3 приложения, 1 лист графического приложения, 69 источников информации.

Ключевые слова: карьер песка, коэффициент устойчивости, мутность, рекультивация.

Объектом исследования является геологическая среда участка карьерной выработки, расположенная в южной части озера без названия, имеющего сток, представленный ручьем без названия.

Цель работы – оценка горно-геологических условий района карьера песка.

В процессе выполнения работы проводилось изучение горно-геологических условий района месторождения, изменения прочностных свойств песка относительно перехода из мерзлого в талое состояние.

В результате проведения исследования описаны горно-геологические условия района месторождения, дана количественная характеристика изменения коэффициента устойчивости для трёх состояний грунтов. Рассчитана дополнительная мутность, возникающая в результате разработки карьера в ручье без названия.

Областью применения результатов данного исследования является проектирование разработок карьерных выработок гидромеханизированным способом на территориях распространения многолетнемерзлых пород, выполнение оценки негативного воздействия на водные ресурсы при данном способе разработки месторождений.

Оглавление

Введение	15
1 Состояние изученности проблемы исследований.....	17
1.1 Изучение горно-геологических условий	17
1.2 Изучение влияния гидромеханизированного способа разработки	18
2 Физико-географические условия района исследования.....	21
2.1 Общая характеристика	21
2.2 Климатическая характеристика.....	22
2.2.1 Температура воздуха	24
2.2.2 Температура почвы	25
2.2.3 Влажность воздуха.....	26
2.2.4 Атмосферные осадки	27
2.2.5 Ветровой режим	28
2.3 Геоморфологическое строение.....	29
2.4 Геологическое строение	31
2.5 Гидрогеологические условия.....	36
2.6 Геологические процессы и явления, криогенные условия	37
2.7 Гидрография и гидрология	39
3 Горно-геологические и гидрологические условия района карьера.....	43
3.1 Геологические и гидрогеологические условия участка	43
3.2 Горнотехнический, технологический и техногенный факторы	45
3.3 Вещественный состав и технические свойства горных пород.....	47
3.4 Режимные изменения уровня воды в озере	54
4 Прогноз устойчивости бортов карьеров	57
4.1 Методы расчета коэффициента устойчивости.....	59
4.1.1 Метод круглоцилиндрической поверхности скольжения.....	59
4.1.2 Метод многоугольника сил.....	61
4.1.3 Метод алгебраического сложения сил по потенциальной поверхности скольжения	62
4.1.4 Расчетная схема устойчивости обводнённых откосов.....	64

4.2	Расчёт устойчивости борта карьера	65
4.2.1	Расчет устойчивости борта карьера при мерзлом состоянии	66
4.2.2	Расчет устойчивости борта карьера при условии оттаивания	67
4.2.3	Расчет устойчивости водонасыщенного грунта.....	69
5	Природоохранные и восстановительные работы.....	72
5.1	Расчет зон осадения частиц грунта в ручье без названия	72
5.2	Рекультивация карьерной выработки	77
5.1.1	Рекультивация для рыбохозяйственного назначения.....	78
5.1.2	Рекультивация для технического водоснабжения	80
6	Финансовый менеджмент, ресурсообеспеченность и ресурсосбережение	82
6.1	Анализ конкурентных технических решений	82
6.2	Планирование работ по инженерным изысканиям	88
6.3	Определение трудоёмкости выполнения работ	89
6.4	Оценка готовности проекта	94
6.5	Бюджет научного исследования.....	96
6.6	Ресурсоэффективность	97
6.7	Реестр рисков проекта	99
7	Социальная ответственность.....	101
7.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	102
7.2	Производственная безопасность	103
7.3	Экологическая безопасность	111
7.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	113
	Заключение.....	116
	Список публикаций автора	118
	Список используемой литературы и источников	119
	Приложение А.....	119
	Приложение Б	138
	Приложение В	139

Введение

Активная разведка и освоение газовых и нефтяных месторождений влечёт за собой потребность в строительных материалах, что в свою очередь приводит к необходимости проведения параллельных поисковых и разведочных работ строительных материалов для создания необходимой инфраструктуры. Основными необходимыми строительными материалами являются пески и песчано-гравийные смеси, применяемые для отсыпки строительных и кустовых площадок, дорог и т.д.

При поиске и разведке данных месторождений актуальными становятся вопросы оценки горно-геологических условий района, определения устойчивости проектируемых бортов карьера, степени воздействия гидромеханизированного способа добычи на поверхностные водные объекты.

Таким образом, целью работы является оценка горно-геологических условий района карьера песка Тагульского месторождения (рисунок 1), для достижения которой необходимо выполнить следующие задачи:

1. изучить геологическое, гидрологическое строение района;
2. изучить и оценить категорию сложности горно-геологических условий участка проектируемого карьера;
3. рассчитать коэффициент устойчивости откоса карьера (для грунтов в мерзлом состоянии, при оттаивании и в талом состоянии с учетом режимного изменения уровня воды в озере);
4. рассчитать зоны осаждения частиц грунта;
5. проанализировать и предложить наиболее подходящий комплекс рекультивационных работ.



Рисунок 1 – Карта-схема расположения Ванкорского нефтегазового блока [1]

В основу выполнения выпускной работы положены данные результатов проведения инженерных изысканий для обоснования и подготовки к разработке месторождения песка, расположенного в озере без названия, полученные автором во время прохождения производственной практики в ООО «Сибгидростройпроект», результаты научно-исследовательской работы студента, опубликованная литература, нормативные документы.

1 Состояние изученности проблемы исследований

Необходимость и важность изучения горно-геологических условий на этапе планирования и освоения новых месторождений – бесспорна. Изучением данного вопроса на протяжении долгого временного периода занималось достаточно большое количество ученых.

1.1 Изучение горно-геологических условий

Анализом необходимости изучения, оценки и прогнозирования горно-геологических условий месторождения занималась И. В. Абатурова, И. А. Савинцев и др в своей работе «Оценка и прогноз инженерно-геологических условий на разных стадиях разведки месторождений полезных ископаемых» они рассмотрели и проанализировали основные принципы прогноза изменения инженерно-геологических условий разработки месторождений полезных ископаемых в зависимости от стадии их изучения, где доказали необходимость и важность проведение прогноза изменения ИГУ под влиянием разработки.

Процесс разработки непосредственно связан с нарушением естественного залегания пород и формированием выемки, что делает важным учет последствий данных изменений геосреды. Актуальной становится проблема обеспечения устойчивости бортов карьеров и локальных уступов. Решение данной проблемы необходимо для обеспечения безопасности и эффективности горнодобывающей промышленности, ведь нарушение хотя бы одного участка может привести к прекращению разработки, что в свою очередь ведёт к финансовым потерям.

Рассмотрение данной проблемы достаточно широко освещено в литературе. Было проведено большое количество исследований, направленных на учет различных условий и факторов. Так, Козырев А.А., Рыбин В.В. [2, 3] занимались изучением геотехнического обоснования рациональных конструкций бортов карьеров с учетом сейсмичности территории. Цирель С.В. в своих исследованиях [4] рассматривает проблемы

и пути их решения относительно методов обоснования параметров бортов карьеров.

В настоящее время разработаны методические указания по определению углов наклона бортов, откосов, уступов и отвалов, строящихся и эксплуатируемых карьеров, под руководством Г.Л. Фисенко [5]. В методических указаниях отмечены способы расчета с учетом различных горно-геологических условий, прочностных характеристик грунтов, гидрологических и гидрогеологических условий. Однако данная методика расчета достаточно трудоемка и затратна по времени, что заставляет заниматься разработкой и совершенствованием различных программных продуктов для сокращения времени расчета и проведения моделирования процесса возможного обрушения бортов с учётом комплекса факторов.

Разработкой методик расчета коэффициента запаса устойчивости так же занимались В.Г. Федоровский, С.В. Курилло, В. Феллениус, А. Бишоп, Е. Спенсер, Н Ямбу.

1.2 Изучение влияния гидромеханизированного способа разработки

Особенностью гидронамывного способа разработки является возможность добычи обводнённого песка. В статье О.А. Корзунова «Перспективы развития горных работ на Терентьевском песчано-гравийном месторождении (Красноярский край)» [6] отмечено, что данный способ разработки характеризуется низкими трудо- и энергозатратами, экономичностью и достаточно высокой экологичностью проведения данных работ. Данный способ добычи сочетает в себе сразу несколько этапов подготовки сырья: добычу и обогащение за счет промывки, отчистки сырья от глинистых фракций.

Однако следует учитывать, что данный способ разработки приводит к значительному нарушению режима поверхностных водных объектов, что делает необходимым наблюдение и прогнозирование возможных русловых

процессов. Так, Ивашин С.Ю. и его коллеги на протяжении всего времени работы руслового карьера песчано-гравийной смеси р. Кама занимаются исследованиями возникающих русловых деформаций путём ведения гидрологических наблюдений и русловых съемок, оценивая состояния русла реки и её взаимосвязи с карьерной выработкой [7].

Непосредственно наблюдениями, за отрабатываемым русловым карьером, проводят на р. Кама с 2007 по 2008 годы. Целью данного наблюдения являлось получение данных для разработки рекомендаций, направленных на снижение воздействия руслового карьера на р. Кама, путём определения экологически безопасных параметров добычи.

Наблюдения заключались в осуществлении оперативного контроля за состоянием руслового комплекса в условиях антропогенного воздействия. Исследования гидрологического и руслового режимов проводились на нескольких этапах разработки: разведке месторождения, отработки первого и второго блоков. Особенностью данного карьера является его непосредственная близость с гидроузлом, который так же оказывает дополнительное влияние на режим реки. Состав наблюдения включал в себя: проведение геодезической съемки участка реки, измерение продольного уклона водной поверхности, батиметрическую съемку, исследование донных отложений и исследование донных гряд.

По результату проведения наблюдений были определены возникшие русловые деформации, состав, распределение и динамика наносов, что позволяет комплексно и достоверно провести оценку изменений и составить

Особое внимание к данной проблеме уделяют сотрудники Государственного гидрологического института, которые разработали стандарт, (СТО ГГИ 52.08.31-2011) [8] целью которого является усовершенствования и внедрения в практику методов оценки допустимого воздействия на водные объекты и их экосистему разведки и добычи нерудных строительных материалов из русловых карьеров. Так же в разработанном стандарте содержатся рекомендации по проектированию и

размещению русловых карьеров для целей добычи НСМ. Методы, предложенные в стандарте, учитывают морфологические особенности, гидрологические и гидравлические характеристики водного объекта, а также характер его хозяйственного использования, что делает возможным рассчитать изменения кривых свободной поверхности, уклонов и скоростной структуры потока, характеристик транспорта наносов и русловых деформаций на участке воздействия карьера на русло и русловой поток, размеры, темпы и время полного занесения карьера наносами, прогноз их развития.

2 Физико-географические условия района исследования

2.1 Общая характеристика

В административном отношении, изучаемый район расположен на северо-западе Туруханского района Красноярского края, на западе район граничит с Ямало-Ненецким АО Тюменской области (Рис.2).



Рисунок 2 – Фрагмент карты Красноярского края [18]

Территория изучаемого участка Туруханского района располагается за полярным кругом. Лежит в пределах двух крупнейших геоморфологических систем Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты. Обширная долина реки Енисей несколько сглаживает переход между Среднесибирским плоскогорьем и Западно-Сибирской низменностью.

Туруханский район является одним из крупнейших административных районов Красноярского края (211.189 тыс.км²), уступая по площади Таймырскому и Эвенкийскому районам. Территория района характеризуется меридиональной вытянутостью на 863 км вдоль среднего течения реки Енисей. Расстояние от центра муниципального района до г. Красноярска составляет 1474 км.

Участок исследования расположен в 270 км к северо-западу относительно районного центра п. Туруханск, в 260 км северо-восточнее г. Дудинка. Ближайший крупный населенный пункт г. Игарка располагается в 145 км к востоку.

2.2 Климатическая характеристика

Территория исследования находится в северо-западной части Красноярского края. Доминирующим фактором формирования климата на данной территории является западный перенос воздушных масс и влияние Карского моря, что определяет быструю смену циклонов и антициклонов, способствует частым изменениям погоды и сильным ветрам. Вследствие незащищенности с севера и юга и наличия повышения рельефа восточнее, для территории характерно преобладание меридиональной циркуляции, в результате которой периодически происходит смена холодных и теплых воздушных масс, что вызывает резкие смены погодных условий.

Согласно классификации климата Кёппен-Гейгера, территория относится к равномерно влажной зоне бореального климата материков с резко выраженными границами зимой и летом – Dfc [9]. По классификации Алисова, территория расположена в зоне субарктического континентального климата. Согласно карте климатического районирования для строительства СП 131.13330.2012 [10] рассматриваемая территория относится к I климатическому району, подрайон А. Согласно схематической карте районирования северной строительно-климатической зоны к зоне 3 – наиболее суровые условия.

Территория Туруханского района Красноярского края имеет довольно частую сеть покрытия станциями метеонаблюдения (рис. 3).

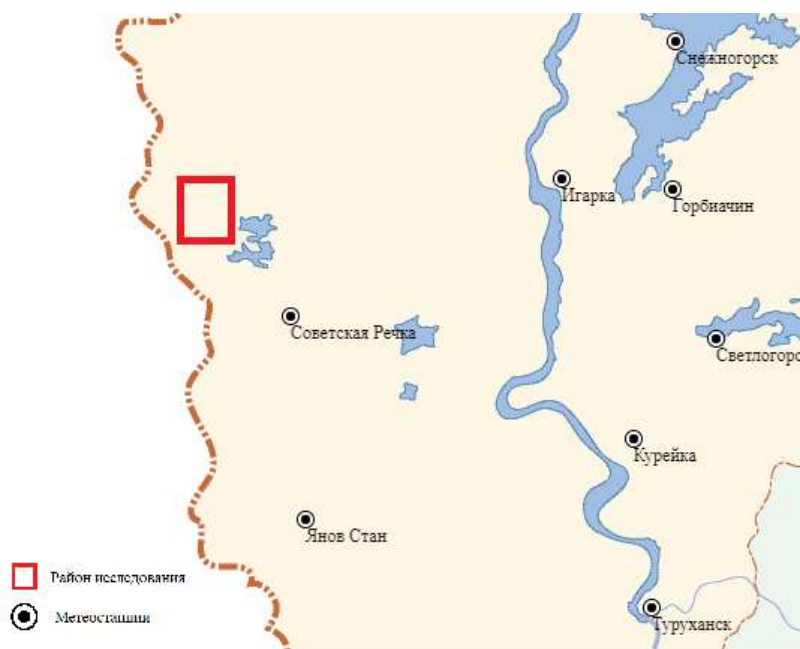


Рисунок 3 – Фрагмент карты расположения метеорологических станций Среднесибирского УГМС [12]

Для климатической характеристики была выбрана ближайшая метеостанция Советская речка (55 км южнее объекта исследования). Метеостанция расположена на высоте 39 м над уровнем моря (БС) в зоне лесотундры, районе вечной мерзлоты, в месте впадения р. Ирбы в р. Советскую. Станция со всех сторон окружена озерами и болотами, ближайшие озера в 300 м юго-восточнее и в 1,5 км юго-западнее. Однако данная станция не входит в состав реперной климатической сети Росгидромета, поэтому была выбрана вторая метеостанция – Янов Стан, которая входит в состав реперной климатической сети (155 км юго-восточнее объекта исследования). Метеостанция расположена на высоте 41 м над уровнем моря (БС) в зоне лесотундры, аналогично Советской речке окружена озерами и болотами, что позволяет принимать данные климатических характеристик схожими с территорией исследования.

Территория района характеризуется недостаточной теплообеспеченностью. Суммарная солнечная радиация составляет в среднем 414 МДж/м² в год. В течение года она сильно изменяется, достигая наибольших значений в июле (864 МДж/м²), а наименьших – в январе (35

МДж/м²). Годовой радиационный баланс положительный, однако, в холодное полугодие он отрицательный [12].

2.2.1 Температура воздуха

Среднегодовая температура воздуха исследуемой территории по данным метеостанции Советская речка составляет минус 8,3°C. Годовая амплитуда колебаний составляет 44,1°C. Амплитуда суточных колебаний превышает 9°C. Среднегодовая температура самого холодного месяца (январь) составляет минус 28,0°C, июня +15,1°C. Абсолютный максимум температуры воздуха на территории исследования по метеостанции Янов Стан зафиксирован в июне 2003г. и составил +36,3°C, минимум – минус 59,8°C был отмечен в январе и декабре 1987г. Средние многолетние температуры для каждого месяца представлены в таблице 1 [11], график годового хода температур представлен на рисунке 4.

Таблица 1 – Среднемесячные температуры п. Советская речка (1981-2010 гг.)

Параметр	Месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Сред.мес. температура воздуха, °C	-28,0	-26,8	-18,5	-12,0	-2,0	9,8	15,1	11,4	4,3	-6,7	-20,7	-25,8	-8,3

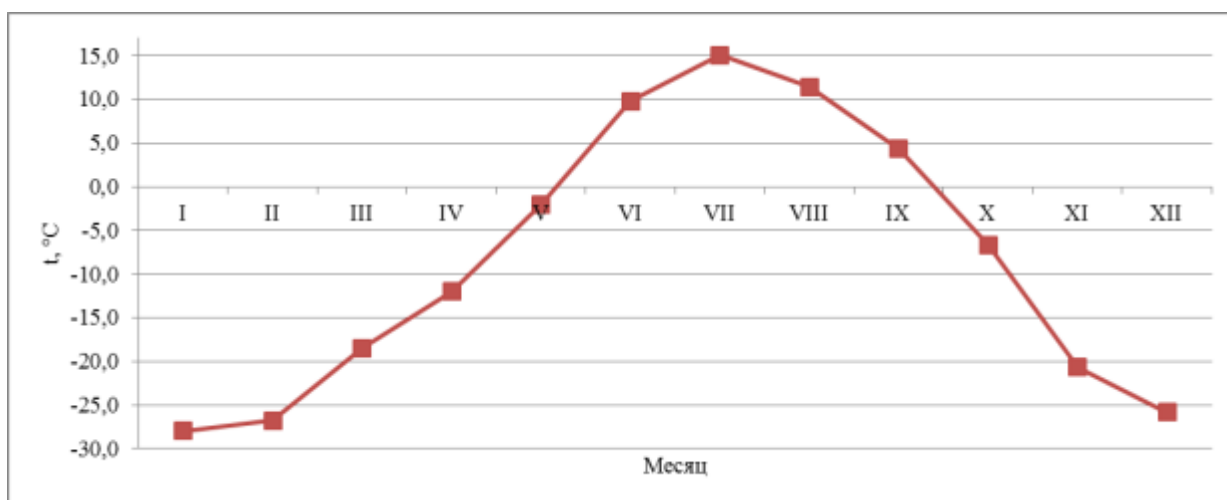


Рисунок 4 – График годового хода температуры п. Советская речка (1981-2010 гг.)

Анализируя полученный график, отметим, что он простой с одним максимумом и одним минимумом, не имеет резких скачков. Температура имеет отрицательные значения с плавным ростом с января по май и с октября по декабрь, с достаточно резким падением в ноябре.

2.2.2 Температура почвы

Характеристика температурного режима почвы приведена по метеостанции Янов Стан.

На рисунке 5 приведён график годового хода температуры почвы поверхностного слоя за период 1966-2016 гг [12]. График, аналогично графику температуры воздуха простой с одним максимумом и одним минимумом и не имеет резких скачков. Годовая амплитуда среднемесячных температур поверхности почвы составляет 48,1°C, минимальное среднемесячное значение отмечено для января и составляет минус 30,7°C, максимальные среднемесячные значения температуры почвы наблюдаются в июле – 17,4°C. Абсолютный максимум был зафиксирован в июле 1987г. – 48,4°C, минимум в январе 1999г. – минус 65,2°C. Амплитуда зафиксированных абсолютных температур почвы составила 113,6°C.

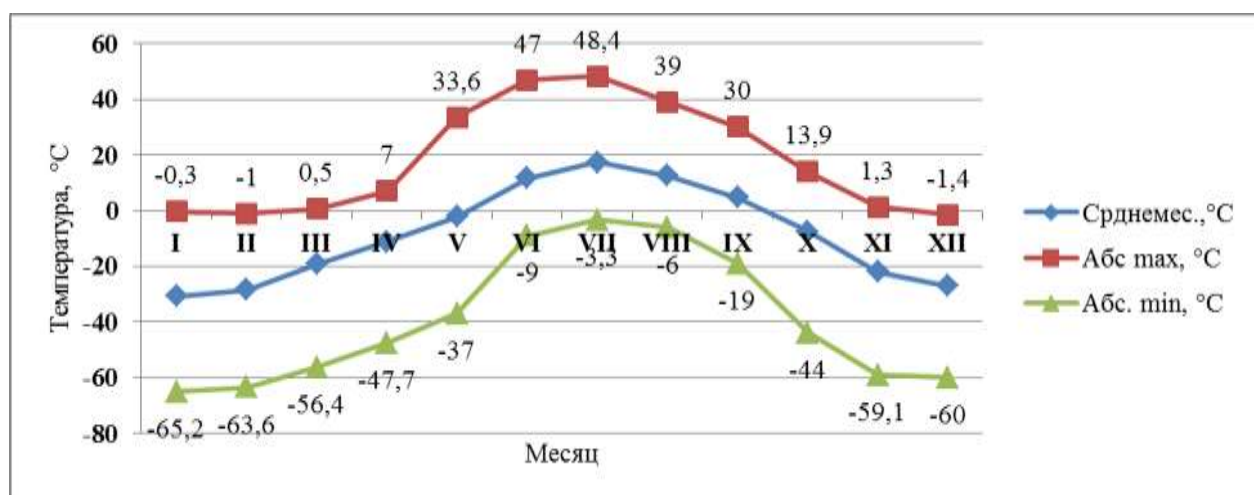


Рисунок 5 – График годового хода температуры почвы п. Янов Стан (1966–2016 гг.)

На рисунке 6 представлен график измерения среднемесячной температуры почвы на различных глубинах (80, 160 см) с применением коленчатых термометров.

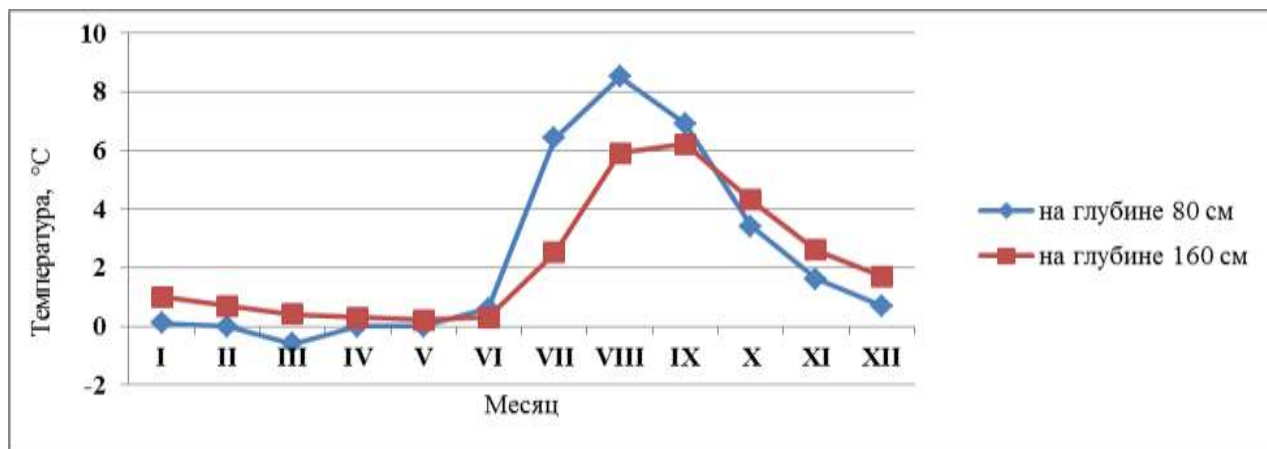


Рисунок 6 – График годового хода температуры почвы на различных глубинах п. Янов Стан (1966–2016 гг.)

Из графика видно, что с увеличением глубины амплитуда температуры почвы уменьшается. Так для глубины 80 см она составляет 8,5°C, для глубины 160 см – 6,0°C.

2.2.3 Влажность воздуха

Относительная влажность воздуха [11] достигает максимальных значений в сентябре-октябре 83-85%. В мае-июне происходит резкое падение влажности, минимальное значение которой фиксируется в июле – 67%, после чего отмечается такой же рост и возвращение к среднегодовым 76%.

Упругость водяного пара, содержащегося в воздухе, в годовом ходе, как и температура воздуха, наименьших значений достигает в зимний период – январь, февраль, декабрь; наибольшие значения отмечаются в июле-августе. С декабря по февраль упругость водяного пара незначительно меняется в интервале 1,0-0,8 мб, с наступлением марта отмечается рост в геометрической прогрессии и достижение максимума в июле – 12,7 мб, после чего происходит снижение с аналогичной зависимостью. На рисунке 7 представлен график годового изменения анализируемых параметров.

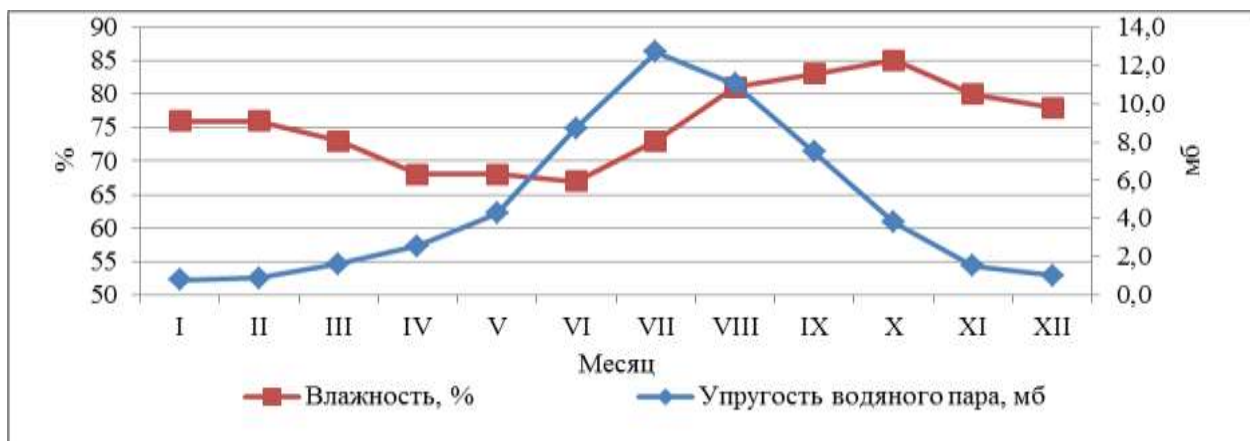


Рисунок 7 – График годового хода влажности воздуха и упругости водяного пара п. Янов Стан (1966–2016 гг.)

2.2.4 Атмосферные осадки

Годовое количество осадков в п. Янов Стан [11] равно 481 мм. Количество осадков связано с физико-географическим положением территории – близость к среднесибирскому плоскогорью и прохождение воздушными массами над увлажнённой территорией Западно-Сибирской низменности способствует насыщению и утяжелению воздушных масс, за счет чего количество осадков увеличивается по мере приближения к границе изменения высоты рельефа. В течение года осадки выпадают неравномерно, что наглядно видно на диаграмме (рис. 8) распределения количества осадков в течение года. В летний период их выпадает больше. Минимум осадков наблюдается в феврале и составляет 22 мм, далее отмечается медленный рост по май от 26 до 31 мм, а максимум наблюдается в летне-осенний период (июль-октябрь) – 45-61 мм. Среднее количество осадков за теплый период (температурой $>0^{\circ}\text{C}$) составляет 210 мм, и, соответственно за холодный (температурой $<0^{\circ}\text{C}$) – 271 мм. Соответственно можно предположить, что количество твердых осадков незначительно превышает жидкие.

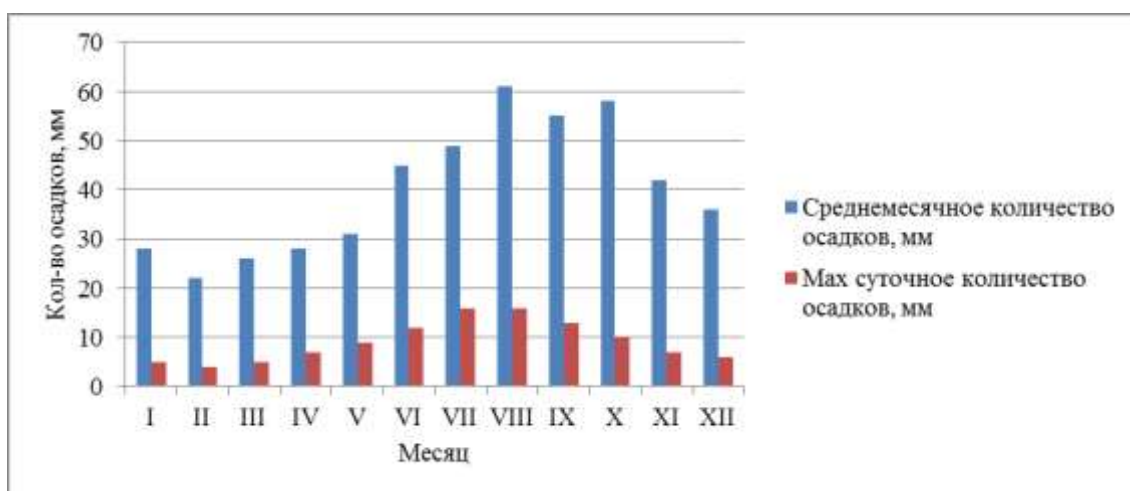


Рисунок 8 – Гистограмма среднемесячного и максимального суточного количества осадков п. Янов Стан (1966–2016 гг.)

В таблице 2 [11] указаны даты установления и схода снежного покрова, число дней со снежным покровом

Таблица 2 – Даты установления, схода и числа дней со снежным покровом

Число дней со снежным покровом	Даты появления снежного покрова			Даты образования устойчивого снежного покрова			Даты разрушения устойчивого снежного покрова			Даты схода снежного покрова			Высота снежного покрова, см	
	ранняя	средняя	поздняя	ранняя	средняя	поздняя	ранняя	средняя	поздняя	ранняя	средняя	поздняя	Средняя	Наиб.
226	06.09	03.10	23.10	23.09	07.10	23.10	17.04	22.05	10.06	14.05	28.05	17.06	53,2	118

2.2.5 Ветровой режим

На направление ветра существенное влияние оказывают местные условия: неровности рельефа, направление долин рек, различные препятствия. В соответствии с распределением суши и водной поверхности в годовом ходе режима ветра на рассматриваемой территории зимой преобладает южная составляющая, а летом – северная.

В течение года на территории преобладают ветры юго-восточного (16%) южного (15%) и западного направлений (14%) (рис. 9). В повторяемость штилей составляет 21%. Максимальная скорость ветра достигала 44 м/с согласно архивным данным Среднесибирского УГМС. Скорость ветра с вероятностью превышения не более 5%, составляет – 7,3 м/с.

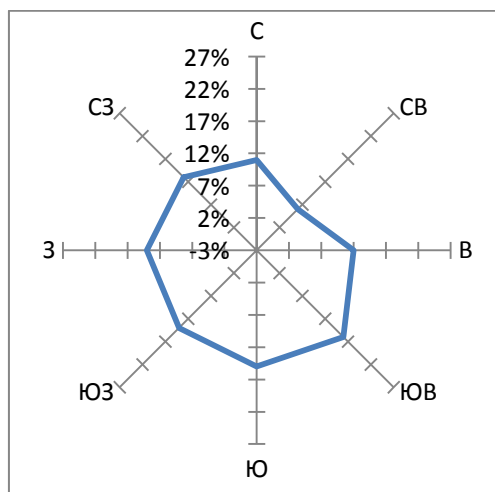


Рисунок 9 – Роза ветров п. Советская речка 1959-2011 гг.

2.3 Геоморфологическое строение

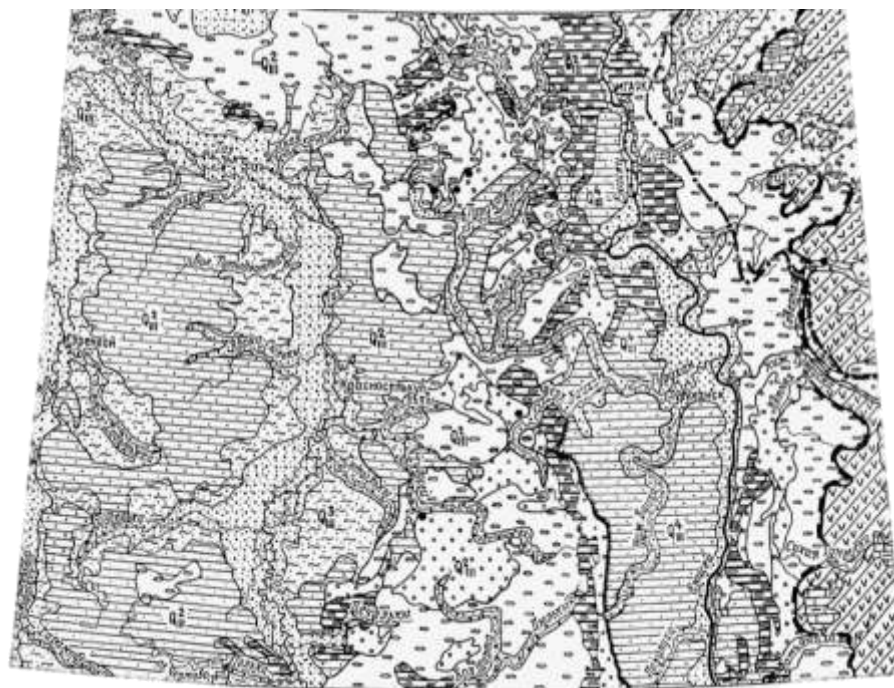
Территория района исследования относится к северо-восточной части Западно-Сибирской низменности, расположена в Приенисейской части плиты. Пякулихинская моноклиналъ входит в состав Приенисейской моноклизы – крупной надпорядковой структуры, примыкающей к Сибирской платформе. Северная часть Пякулихинской моноклинали на западе через Долганский и Советский структурные заливы сочленяется с Большехетской структурной террасой, расположенной на восточном борту Надым-Тазовской синеклизы и имеющей в целом субмеридиональную ориентировку. Большехетскую террасу осложняют Сузунский и Лодочный валы [13].

Енисейско-Тазовская провинция расположена в средней части Нижнеенисейской возвышенности, которая служит водоразделом между реками бассейнов Таза и Енисея. Средние ее высоты — 100-120 м, но

местами достигают 180-200 м. На востоке в состав провинции входит также широкая долина Енисея.

Нижнеенисейская возвышенность сложена верхнечетвертичными ледниковыми и ледниково-морскими отложениями и отличается существенными контрастами рельефа: над плоскими равнинами здесь нередко поднимаются высокие моренные холмы и гряды, разделенные озерными котловинами и глубоко вдающимися в пределы возвышенности верховьями долин притоков Енисея — Большой и Малой Хеты.

Современный рельеф территории сформировался в плейстоцен-голоценовую эпоху оледенения в условиях длительной ледниковой аккумуляции (рис. 10). Вследствие молодости рельефа, связанного с последними оледенениями, созданные им формы относительно мало изменены последующими процессами, в том числе и неотектонической деятельностью. Это молодые ледниковые равнины с зарождающимися эрозионными формами.



1-4 — выработанный рельеф, образованный в результате претерпевания: 1 — субгоризонтальных пластов осадочных пород (столовые плато), 2 — элемент складчатой структуры — моноклинали, 3 — пластовых интрузивных тел (гранитные плато), 4 — древних вулканических покровов (лапные плато); 5-9 — аккумулятивный рельеф, созданный: 5 — русловой и внутридолинной аккумуляцией (речные террасы), 6 — ледниковой аккумуляцией: а — моренные равнины (рельеф внутриледниковой зоны), б — конечные и боковые моренные гряды (рельеф краевой зоны), 7 — флювиогляциальными потоками (террасы, лапные равнины), 8 — аккумуляцией в ледниковых озерах (озерно-ледниковые равнины), 9 — совместной деятельностью рек и моря (дельты, эстуарии); 10 — уступы: а — Лобового материка, б — Среднесибирского плоскогорья; 11 — конечно-моренные гряды; 12 — камы и яныны; 13 — маргинальные каналы; 14 — граница сарматского оледенения. Возраст рельефа дан индексами.

Рисунок 10 – Геоморфологическая схема (составлена А.Д. Матюшков) [13]

Ледниковый комплекс разделен на два типа: ледниково-аккумулятивный и водно-ледниковый (флювиогляциальный). Ледниково-аккумулятивный тип характеризуется развитием холмисто-грядового рельефа основной морены и озерно-холмистого рельефа краевых образований с повышенной заболоченностью. Водно-ледниковый тип рельефа, примыкающий к озерно-холмистой морене, представляет собой задровую равнину с плоской слабонаклонной поверхностью. Холмистый характер поверхности обусловлен чередованием слабо выраженных водоразделов с пологими сглаженными склонами и ложбин стока [14].

Рельеф основной морены развит в восточной части Тагульского района [15] и представляет собой холмистую равнину с абсолютными высотами 70-100 м. Для моренной равнины характерны хорошо развитая речная сеть, заболоченность, широкое развитие озер.

Конечноморенный грядовый рельеф соответствует краевым частям ледника, и фрагментарно сохранился в районе Советских озер, дугообразные формы, хорошо выражены в рельефе, максимальная абсолютная отметка гряды 100 м.

Непосредственно участком исследования является территория, располагаемая на водоразделе верховий рек Правый Тагул и Хуричангда (бассейн р. Русская) в озере без названия, сток из которого происходит через постоянный ручей без названия, приуроченного к ложбине стока ледниковых вод, являющегося правым притоком р. Тагул. По ландшафтному районированию лесотундровая зона Енисейско-Тазовская провинция.

2.4 Геологическое строение

Основные тектонические этапы структурообразования в осадочном чехле связаны с тектоническими активизациями блоковых движений фундамента, по времени приходятся на верхнюю юру (киммериджский, волжский, берриасский века), когда активно формировались структуры Малоетского и Танамского валов, и верхний мел (туронский век – кайнозой),

Нижнемеловые отложения представлены Берриасски-валанжинским ярусом – нижнесхетской свитой (K_1nh), выделенной Н.И. Байбородских с соавторами в 1967 г. в низовьях Енисея. Свита сложена аргилитоподобными глинами с прослоями алевролитов песчаников. Общая мощность свиты на Тагульской нефтегазоразведочной площади достигает 440 м.

Суходудинская свита (K_1sd) сложена песчаниками, алевролитами и глинами с подчинёнными прослоями и линзами бурого угля. Имеет согласное залегание на нижнесхетской свите.

Выше отложения представлены темно-серыми и зеленовато-серыми песками, песчаниками, каолинизированными, реже известниковистыми, с прослоями серых, насыщенных растительным детритом алевролитов, глин, конгломератов малохетской свиты (K_1mh), для которой так же отмечаются тонкие пропластки бурого угля.

Следующим является аптский-альбский ярус, представленный яковлевской свитой (K_1jak), выделенной В.Н. Саксом и З.Н. Ронкиной [13], выходящей на дочетвертичную поверхность на Турухане в районе пос. Ермаково. Данная свита сложена глинами, аргиллитами и алевролитами с подчинёнными прослоями колонизированных песчаников, пропластами бурого угля. Разрез свиты по Туруханской опорной скважине представлен чередованием пачек песчаников с пачками алевролитов и глин.

Выше по разрезу залегают отложения маастрихтского-датского ярусов, которые являются переходными по возрасту от верхнего мела к палеоцену (K_1-P_1) и подстилающими для четвертичных отложениями. Прослеживаются на центральной части территории междуречья Таза и Енисея ограниченной с юга р. Б. Ширта, с севера – верховьями р. Б. Хета.

Дорожковская свита туронского яруса (K_1dr), выделенная А.А. Булынниковой с соавторами (1965 г.), прослеживаются на поверхности левобережья Енисея, залегая на маковской свите с разрывами. Данная свита сложена бурыми и зеленоватыми глинами и глинистым алевролитом, часто глауконитовыми с подчинёнными прослоями и линзами серых песков,

песчанников, алевристых известняков и маргелей. Местами в основании свиты встречаются линзы конгломератов и гравелитов с бобовинами бокситов, аналогичных альб-сеноманским, что было отмечено в Тухуханской опорной скажине на интервале 650-430 м.

Насоновская свита (K_{1ns}), выделенная коллективом авторов [13], отличается глинистым составом отложений с широким развитием глауконитсодержащих пород и груборитмичным строением с мощностью ритмо-пачек 70-100, 50-110, 100-160 и 40-100 м. В основании каждого из них присутствуют фосфориты или фосфорсодержащие породы. Мощность данной свиты в районе исследования составляет 275-350 м, возрастая к северу до 470 м. Возраст свиты был установлен по двустворчатым моллюскам и фораминиферам [13].

Возраст данных отложений определяют как поздний маастрихт-даний. В западной части района (междуречье Таза и Пура, бассейн Пура) эти отложения перекрыты палеогеновыми.

По генезису палеогеновые отложения – морские, прибрежно-морские и континентальные, мощностью до 400 м.

Отложения четвертичной системы представлены нижним, средним и верхним звеньями неоплейстоцена и голоцена. Они перекрывают все стратифицированные образования района и отличаются большим генетическим образованием, фрагмент карты которых представлен на рисунке 12.

На территории исследования отложения представлены верхним звеном неоплейстоцена казанцевского, ермаковского, каргинского и сартинского горизонтов.

К отложениям казанцевского горизонта относятся морские песчаные отложения ($m_{III}kz$), которые распространены на первых надпойменных террасах правых притоков р. Русская (Луцаяха). Данные отложения представлены желтыми, серыми и светло-серыми песками, существенно кварцевыми, среднезернистыми с прослоями галечников, суглинков и

супесей, реже – намывного торфа с включениями кусков древесины и рассеянного углистого вещества.



Рисунок 12 – Фрагмент карты четвертичных отложений (1:250000)

К ермаковскому горизонту относят отложения, связанные с первым оледенением верхнего звена неоплейстоцена, на территории Средней Сибири данным отложениям отвечают отложения муруктинского горизонта, однако, на территории Приенисейской Сибири данные отложения сходят, потому было решено выделять один ермаковский горизонт, который включает в себя ледниковые, водно-ледниковые и озерно-ледниковые отложения, являющиеся рельефообразующими.

Ледниковые отложения (*g_{иле}*), занимающие обширные площади, были образованы двумя языками ледника, один из которых двигался со Среднесибирского плоскогорья на запад, другой с Гыданского полуострова на юго-восток. Типичным принимают разрез ермаковской морены, представленный дисперсными грунтами с включениями гравия, гальки и валунов. По составу дисперсная толща состоит из алевроита до 40%, песка до 22%, глины – 23% и обломков (галька, гравий и валуны) осадочной и трапповой формации до 5%. На территории исследования данные отложения формируют параллельно грядовый рельеф в районе группы Советских озер.

Наибольшее распространение имеют озерно-ледниковые отложения (lgIIIe), которые представлены толщей зеленовато-серых песчаных глин, с прослоями (3-5 см) темновато бурой пылеватой глины. Местами для данных отложений характерна ленточная слоистость с чередованием слоев глин темно-бурых с синеватым оттенком, иловатых и слоев светло-серых супесей, имеющих мощность в 2-3 раза большую.

Аллювий каргинского горизонта (a_{IIIkr}) распространён в основном в западной части рассматриваемого нами участка и приурочен к междуречью Тагула и Хуручангды, а так же к бассейну р. Русская (Луцаяха), слагая террасовидную поверхность. Данные отложения представлены песками сероватыми, тонкозернистыми с тонкими прослоями растительного детрита средней мощностью – 1,2 м, ниже залегают пески серовато-палевые, мелко и тонкозернистые с прослоями намывного торфа, внизу более глинистые – около 5 м. Далее с глубиной гранулометрический состав изменяется в направлении укрупнения частиц до гравийных, подстилаются данные отложения ленточными глинами.

Современные четвертичные отложения аллювиального генезиса (aQ_{IV}) слагают надпойменные террасы и поймы рек. Аллювиальные отложения представлены песками различной крупности с прослоями суглинков и супесей с включениями гравия и гальки до 20%.

Литологический разрез озерно-болотных отложений (bQ_{IV}) современного возраста представлен торфами низинными травяно-осоковыми и верховыми плоскобугристыми мочажинными мохово-лишайниковыми, подстилаемый глинистыми грунтами.

2.5 Гидрогеологические условия

Согласно районированию, приведенному в гидрогеологии СССР [16] территория исследования относится к прикарскому артезианскому бассейну, которых характеризуется малой степенью изученности. Данный бассейн

включает в себя нижнее течение Оби и Енисея, бассейн рр. Пур, Таз и других рек устье которых располагается на Обской, Тазовской и Гыданской губах.

Положение территории исследования в северных широтах, в области распространения материковых оледенений и в зоне многолетней мерзлоты определяют ее основные особенности относительно гидрогеологических условий.

Глубина распространения мерзлых пород достигает десятки и сотни метров (до 200-300 м и более в северных районах). В этих условиях формируются надмерзлотные (в зоне деятельного слоя), межмерзлотные (в таликах) и подмерзлотные воды. Водовмещающими породами являются четвертичные отложения и коренные осадочные, вулканогенно-осадочные и интрузивные породы разных возрастов.

Наличие подземных вод в юрских, меловых и четвертичных отложениях подтверждено бурением.

Практический интерес для возможного использования с целью организации водоснабжения представляют подмерзлотные воды песчано-галечных отложений.

Специализированные гидрогеологические исследования в районе работ не проводились. Подземные воды глубокозалегающих водоносных комплексов изучаются в основном попутно при бурении глубоких разведочных скважин.

Питание подземных вод, в основном, атмосферное, поверхностное. Разгрузка происходит в речных долинах и озерных котловинах. По составу воды гидрокарбонатно-натриевого состава с низкой минерализацией до 1 г/л.

2.6 Геологические процессы и явления, криогенные условия

Район исследования приурочен к зоне распространения многолетнемерзлых грунтов с наличием таликов под руслами рек и водотоков, акваториями озер [17].

К основным неблагоприятным инженерно-геологическим процессам на исследуемой территории, следует отнести: наличие пучинистых грунтов деятельного слоя, процессы криогенного выветривания (курумообразование), заболачивание территории.

В верхних слоях мерзлых пород протекают процессы сезонного протаивания. Сезонное пучение распространено повсеместно, его интенсивность определяется глубиной сезонного оттаивания, литологией грунтов и их влажностью. Суммарная величина сезонного пучения может достигать 0,15–0,50 м. Температура грунтов на глубине годовых нулевых амплитуд в среднем составляет минус 2,5°C. В криогенном строении, преобладает массивная и слоистая криотекстуры.

На открытых пространствах, лишенных растительности, глубины сезонноталого слоя достигают максимальных значений – 1,4 м. На участках, занятых лиственнично-березовым лесом, глубина сезонноталого слоя в среднем составляет 0,4-0,7 м, на заболоченных территориях – 0,3-0,4 м. На промплощадках глубоких скважин, в результате техногенного нарушения почвенно-растительного покрова, мощность сезонноталого слоя увеличивается до 1-1,5 м [17].

В северной части Красноярского края, на территории Таймырского Долгано-Ненецкого, Эвенкийского и Туруханского районов в пределах горных и предгорных районов широкое развитие имеют процессы криогенного выветривания – курумообразования, интенсивность которого возрастает с севера на юг в соответствии с увеличением глубины сезонного протаивания. На севере мощности курумников составляют 1-3 м, то в южных частях региона на траппах их мощности уже колеблются от 1,5 до 6 м. Скорость перемещения грубообломочного чехла курумов составляет 3-4 см/год [17].

Термокарстовые процессы развиты на участках, в сложении которых присутствуют льдистые отложения. Такие участки в основном приурочены к понижениям в долинах, плоским междуречьям. В различных стадиях

развития выражаются в образовании на ранних стадиях – термокарстовых воронок, на поздних – термокарстовых озер. На активность развития термокарстовых процессов большое влияние оказывают техногенные нарушения поверхностных условий залегания грунтов [18].

Солифлюкционные процессы развиты практически повсеместно. Основное распространение – на пологих склонах в виде небольших языков, наплывов грунта достигающих в поперечнике до 1-2 м.

Процессы пучения развиты очень широко. Сезонные и многолетние бугры пучения формируются в долинах рек на террасах и на плоских заболоченных междуречьях, сложены минеральным грунтом или торфом. Их высота изменяется в интервале 0,4-0,8 м.

Весьма активный характер носит наледеобразование. Для территории севера Красноярского края характерны грунтовые и смешанные типы образования наледей [17].

2.7 Гидрография и гидрология

Гидрографическая сеть района представлена бассейном реки Таз, по данным государственного водного реестра России относится к Нижнеобскому бассейновому округу [19].

В пределах изучаемого участка основной водной артерией является приток нижнего течения р. Таз – р. Русская (Луцаяха), к бассейну которой относятся рр. Тагул, Хуричангда с их многочисленными притоками.

Русская (Луцаяха) — река на юго-востоке Тазовского района ЯНАО (в верхнем и среднем течении – на границе с Красноярским краем), правый приток реки Таз, впадает в него на 190-м км от устья, в 125 км к юго-востоку от райцентра пгт. Тазовский. Длина реки составляет 280 км, площадь водосбора – 5140 км² [20].

В бассейне реки насчитывается около 720 рек и ручьев, из них лишь 35 имеют длину более 10 км, в том числе пять рек длиной свыше 50 км.

Основные притоки слева – Туколанда, Хуричангда, Тагул (все в Красноярском крае).

Питание реки преимущественно снеговое. Половодье в июне-июле.

Замерзает река в октябре, в среднем 10-15 числа, вскрывается в июне, в среднем во второй декаде. Средняя продолжительность ледостава 8,0 мес.

Хуричангда — левый приток реки Русская (Луцаяха) протекает в Красноярском крае северо-запад Туруханского района, водохозяйственный участок реки Таз. Устье реки находится в 107 км по левому берегу реки Русская. Длина реки составляет 88 км.

Тагул — левый приток реки Русская (Луцаяха) протекает в Красноярском крае северо-запад Туруханского района, водохозяйственный участок реки Таз.

Устье реки Левый Тагул находится в 48 км по левому берегу реки Тагул. Длина реки составляет 36 км.

Берега реки Правый Тагул крутые, преимущественно залесённые (лиственница, берёза).

В северной части площади Тагульского месторождения протекает река Осетровая (левый приток р. Покойницкая). Русло извилистое, шириной от 10 до 30 м, глубиной от 0,5 до 2 м. Скорость течения 0,3-0,5 м/сек. Долины рек шириной 0,5-2 км, с пологими склонами и плоским заболоченным днищем. Ширина малых рек и ручьев от первых метров до 100 м, глубина – 0,3-2,5 м.

Донные отложения, в основном, песчаные, песчано-илистые. Замерзают реки в сентябре - октябре. Мелкие реки промерзают до дна. Вскрываются реки в начале июня. Весенний ледоход длится 5-7 дней. В это время уровень воды поднимается на 2-3 м выше меженного, заливая пойму и надпойменные террасы. Буровые площадки на месторождении находятся вне зоны затопления [20].

Рельеф обусловлен развитием ледникового и аллювиального комплексов. Многие мелкие водотоки унаследовали ложбины стока ледниковых вод. Цепочки озер, приуроченные к ложбинам стока ледниковых

вод, подчеркивают направление талых вод. Слабая дренированность поверхности обуславливает обилие озер и болот на плоских водоразделах.

Самое крупное озеро Большое Советское, площадь которого 105 км^2 и глубина 120 м. Берега у озер пологие, заболоченные. Вода в озерах хорошего качества, пригодна для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Участок изыскиваемого карьера песка находится на водоразделе верховий рек Правый Тагул и Хуричангда. Площадка карьера расположена в озере без названия. Сток из озера происходит через постоянный ручей без названия, который приурочен к ложбине стока ледниковых вод и является правым притоком р. Тагул.

По характеру водного режима реки и ручьи без названия относятся к типу водотоков с растянутым весенним половодьем, повышенной летней меженью и низкой зимней меженью. Средний годовой сток составляет 250-300 мм, модуль стока 8-15 л/с км^2 , а коэффициент стока 0,6-0,8. Столь высокий показатель обеспечивается за счет наличия многолетней мерзлоты. 65-85% годового стока обеспечивается в теплый период года (май-август), 15-20% – осенью. Многолетние колебания стока в многоводные годы могут быть на 25-60% выше, а в маловодные на 20-40% ниже, чем средние многолетние величины [20].

Питание рек преимущественно снеговое – 60%, дождевое составляет 20%. Грунтовый сток ничтожен и зимой во многих реках практически прекращается .

Половодье начинается во второй половине мая и продолжается до двух месяцев. Гидрограф половодья имеет одновершинную пикообразную форму. Максимум половодья приурочен к середине июня, после него характерна высокая летняя межень и низкий сток в осенне-зимний период.

В период половодья проходит 55-60% годового стока. В это время наблюдаются максимальные годовые расходы и наивысшие уровни воды в году. После прохождения пика половодья начинается спад интенсивностью 1–2 см/сутки, увеличиваясь до 15–20 см/сут. и заканчиваясь обычно в июле.

Затяжной спад, захватывающий вторую половину лета и выпадение летне-осенних дождей обуславливают высокие уровни межени. За летне-осенний период проходит около 30% годового стока.

В летне-осенний период дождевые паводки по частоте, интенсивности и величине максимума стока в 2-5 раз меньше модулей стока половодья. Дождевые паводки чаще наблюдаются в августе-сентябре месяцах и прерывают летне-осеннюю межень, которая наступает после спада весеннего половодья во второй половине июля и длится до конца сентября. Минимум летне-осенней межени обычно наблюдается в августе месяце и составляет в среднем 2-5 л/сек. км², а самый минимум может колебаться в пределах 1,0-1,5 л/сек. км².

Мелкие ручьи и лога с площадью водосбора менее 1 км² в меженный период пересыхают, возобновляя свой сток только в период дождей. За летне-осенний период проходит в среднем около 30% годового объема стока.

Лед на реках начинает появляться в середине сентября, устойчивый ледостав устанавливается в конце сентября – начале октября, средняя толщина льда составляет 188 см, вскрываются реки в конце мая — начале июня. На большинстве рек во вторую половину зимы происходит образование наледей. На малых реках и ручьях весной ледохода не бывает, лед тает на месте.

Озер на рассматриваемой территории очень много, что связано с обилием замкнутых неглубоких впадин и деградацией многолетней мерзлоты. Озера преимущественно мелкие, как по площади зеркала, так и по глубине. Озера, занимающие впадины среди ледниковых отложений, значительно крупнее остальных, но их размеры редко превышают 2 км, а глубины 3-5 м. В результате оттаивания мерзлоты и обрушения торфяных берегов при условии незначительных перепадов высот возможны резкие изменения конфигурации озер, вплоть до их перетекания в расположенные вблизи понижения.

3 Горно-геологические и гидрологические условия района карьера

Для определения метода разработки, заложения проектируемого угла наклона борта, характера залегания грунтовых вод, определения вещественного состава полезной толщи проводится оценка горно-геологических условий разработки месторождения песка с присвоением категорий сложности каждому из критериев в соответствии с СП 11-109-98 [22].

Для определения группы сложности необходимо провести оценку по следующим факторам: геологическому, гидрогеологическому, техногенному, определить состояние и свойства полезной толщи, наличие геологических и инженерно-геологических процессов, показателей качества, горнотехнические и технологические условия разработки полезной толщи.

3.1 Геологические и гидрогеологические условия участка

В геологическом строении района исследования принимают участие отложения верхнего плейстоцена, представленные ермаковским горизонтом мощностью от 25 до 300 м, перекрытые на отдельных участках аллювиальными отложениями рек и озерно-болотными отложениями современного возраста [17].

Отложения ермаковского горизонта сформировались в результате ермаковского оледенения, т.е. в его состав входят собственно ледниковые образования (морены) и водно-ледниковые (флювиогляциальные) отложения.

Непосредственно участок исследования, согласно данным государственной геологической карты четвертичных образований масштаба 1:1 000 000 представлен озерно-ледниковыми четвертичными образованиями (*IgIIIe*). Которые в свою очередь представлены толщей зеленовато-серых суглинков, с прослоями (3-5 см) темновато бурой пылеватой глины. Местами для данных отложений характерна ленточная слоистость с

чередованием слоев глины темно-бурых с синеватым оттенком, иловатых и слоев светло-серых супесей, имеющих мощность в 2-3 раза большую.

По результатам проведения буровых работ, лабораторных исследований и камеральной обработки полученных данных был построен геолого-литологический разрез (граф. приложение 1), на котором отображено послойное распространение вскрышных пород (торф и суглинки) и полезной толщи – мелкого песка. На основании чего, согласно СП 11-109-98 по геологическому фактору исследуемому участку была присвоена I группа сложности – полезная толща представлена одним видом грунтовых строительных материалов (песок мелкий).

Исследуемый участок расположен в сточном озере б/н на заболоченном водораздельном склоне, осложненном ложбиной стока. Абсолютные отметки берега озера 82,92 – 83,29 м БС, поверхности льда (март 2012г.) 81,50 – 81,70 м БС. Глубина залеганий водоносных горизонтов в зависимости от отметок рельефа от 1-2 м до 40 м. Мощность обводненной зоны 5-30 м [69]. Водообильность четвертичных отложений характеризуется удельными дебитами скважин на уровне 1-3 л/с. Воды пресные, с минерализацией до 0,5 г/л. По химическим и бактериологическим показателям пригодны только для технического использования.

Под акваторией озера вскрыты грунтовые воды верхнечетвертичных песчаных отложений таликовой зоны. Уровень грунтовых вод талика прослеживается в песках мелких с Кф изменяющемся в интервале 2,2-2,8 м/сут на глубине 2,2-4,6 м.

Согласно полученным данным по результату выполнения буровых работ отмечено, что выделенная полезная толща полностью обводнена, однако, разработка данного месторождения предусмотрена гидромеханизированным способом, для которого обводнение полезной толщи не является осложняющим фактором разработки, на основании чего по гидрогеологическому фактору, согласно требованиям нормативной

документации участку исследования присвоена I группа сложности – полезная толща обводнена, но это не осложняет условия разработки.

Современные геологические и инженерно-геологические процессы, характерные для участка исследования, представлены заболачиванием и криогенными явлениями.

Заболачивание. Тип торфяной залежи на объектах верховой, подтип лесотопяной. Преобладает древесно-моховая группа торфа, основные виды растений торфообразователей – сфагновые и шейхцериевые мхи. В торфяной массе присутствуют древесные остатки, количество которых увеличивается к поверхности. Моховой покров сплошной. Тип питания болот атмосферный. Подошва болот неровная, минеральное дно сложено озерно-аллювиальными суглинками. Естественная дренированность болотных массивов из-за относительно плоской поверхности – слабая.

Криогенные процессы представлены морозным пучением и растрескиванием. Площадная пораженность территории морозным пучением близка к 100%, по степени опасности процессов, согласно таблице 5.1 СП 115.13330.2016 [18], оно относится к категории «весьма опасных». Практически все криогенные явления на участке исследования носят сезонный характер и приурочены к слою сезонного промерзания. Сезонное промерзание длится с октября по апрель. Оттаивание грунтов начинается в мае, заканчивается в августе, наиболее интенсивно протекает в июле.

На основании чего, согласно СП 11-109-98 по фактору наличия геологических и инженерно-геологических процессов исследуемому участку была присвоена II группа сложности – имеют распространение и существенно не осложняют систему разработки.

3.2 Горнотехнический, технологический и техногенный факторы

Горнотехнический фактор – соотношение мощности вскрыши к мощности полезной толщи.

Для месторождений гравия и песка современного аллювиального происхождения обычно характерна небольшая мощность покрывающих (вскрышных) пород. Эти породы чаще всего представлены мелко- и тонкозернистыми песками, супесями, суглинками и глинами; к этой же толще относится и растительный слой [22].

Вскрышные породы представлены торфом слаборазложившимся насыщенным водой, в разведанной части озера, мощность которого изменяется от 0,3 м до 2,3 м, средняя мощность – 0,8 м. Подстилают торф суглинки светло-серые с примесью органики текучепластичные. Суглинки текучепластичные залегают под торфами слоем мощностью от 0,8 м до 2,3 м, средняя мощность слоя составляет 1,4 м. Итого, средняя мощность вскрыши на участке исследования составляет – 2,2 м. Тогда для расчета горнотехнического фактора высчитаем отношение мощности вскрышных пород к полезной мощности $2,2/6,0 = 0,37$, полученное значение находится в пределах 0,25–1,0 на основании чего согласно требованиям была присвоена II-я группа сложности.

Технологический фактор определяется возможностью укладки грунтовых строительных материалов, наличием или отсутствием ограничений, необходимостью проведения опытно-производственных исследований. Для изучаемого участка укладка грунтовых строительных материалов в штабель производится земснарядом, непосредственная близость ровной и достаточной по площади территории освобождает от ограничений и осложнений, соответственно от потребности в выполнении опытно-производственных исследований, что соответствует I-й группе сложности.

Техногенный фактор рассматривается с точки зрения наличия/отсутствия техногенных насыпей и их характеристики до начала разработки месторождения. На участке техногенные насыпи – отсутствуют, что соответствует I-й группе сложности.

3.3 Вещественный состав и технические свойства горных пород

Вещественный состав и технические свойства полезного слоя грунта так же влияют на отнесение участка разработки к категории сложности.

В результате анализа, пространственной изменчивости частных показателей свойств грунта и с учетом литологического строения в пределах исследуемого участка до разведанной глубины (12 м) выделено три ИГЭ:

ИГЭ-1 – торф слаборазложившийся насыщенный водой (b_{IV});

ИГЭ-2 – суглинок текучепластичный (lg_{III});

ИГЭ-3 – песок мелкий водонасыщенный (lg_{III})

Продуктивная толща, согласно принятой классификации в ГОСТ 25100-2011 [24], представлена песками водонасыщенными (распространены в таликовой зоне) по гранулометрическому составу – мелкими. Значения показателей физических свойств приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения показателей физических свойств грунта [69]

Наименование характеристик	Кол-во определений	Минимальное	Максимальное	Нормативное
ИГЭ-2 – Суглинок текучепластичный				
Влажность природная, д.е.	13	0,34	0,51	0,40
Влажность на границе текучести, д.е.	13	0,38	0,51	0,43
Влажность на границе раскатывания, д.е.	13	0,21	0,34	0,27
Число пластичности	13	0,12	0,17	0,16
Показатель текучести	13	0,75	1,00	0,81
Относительное содержание орган. в-ва, д.е.	13	0,06	0,09	0,07
ИГЭ-3 – Песок мелкий водонасыщенный				
Влажность, д.е.	15	0,18	0,25	0,22
Гранулометрический состав по фракциям, %:				
5 – 2	15	0,0	0,8	0,3
2 – 1	15	0,4	1,4	0,9
1 – 0,5	15	1,8	9,0	6,5
0,5 – 0,25	15	29,4	42,9	36,1
0,25 – 0,1	15	35,8	61,7	47,3
0,1 – 0,05	15	6,0	11,4	8,9
< 0,05	15	0,0	0,0	0,0
Коэффициент фильтрации, м/сут	4	2,2	2,8	2,5

Коэффициент неоднородности по средневзвешенному гранулометрическому составу составляет $C_u = 2,1$ ($C_u < 3$, песок однородный).

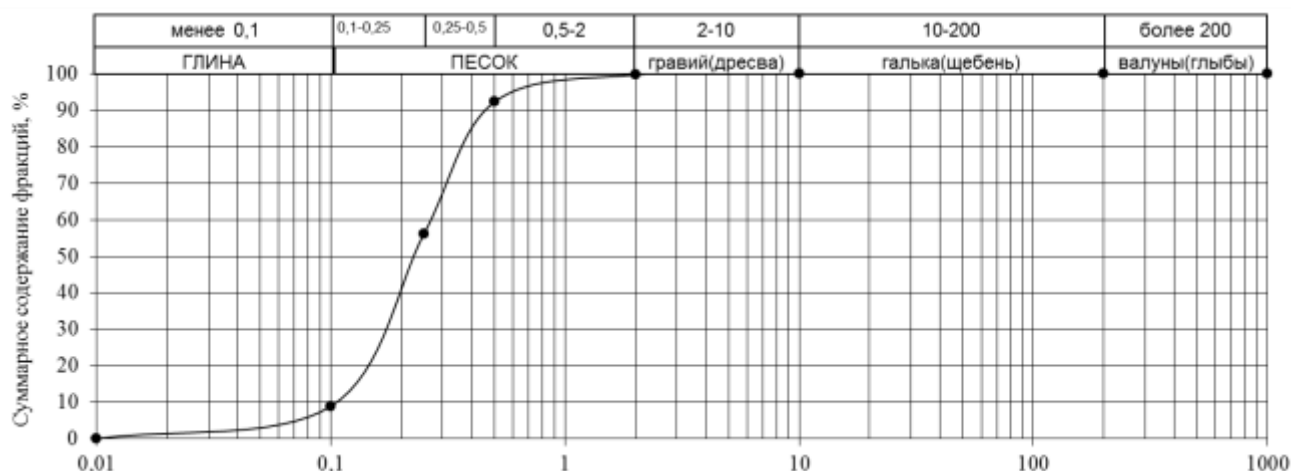


Рисунок 13– Интегральная кривая гранулометрического состава

Мощность выделенной полезной толщи ограничена по глубине залеганием подстилающих суглинков тугопластичных.

Особое внимание в работе уделено определению угла откоса песков в естественном состоянии и при полном водонасыщении. Значения угла естественного откоса близки к значениям угла внутреннего трения, что в свою очередь дает возможность принять эти данные для выполнения расчетов устойчивости бортов карьеров.

Были проанализированы шесть проб песка различного гранулометрического состава (рис. 13). Гранулометрический состав грунтов определялся ситовым методом (рис. 14), в соответствии с ГОСТ 12536-2014 [25] результаты приведены в таблице 7.



Рисунок 14 – Исследуемые
пробы песка

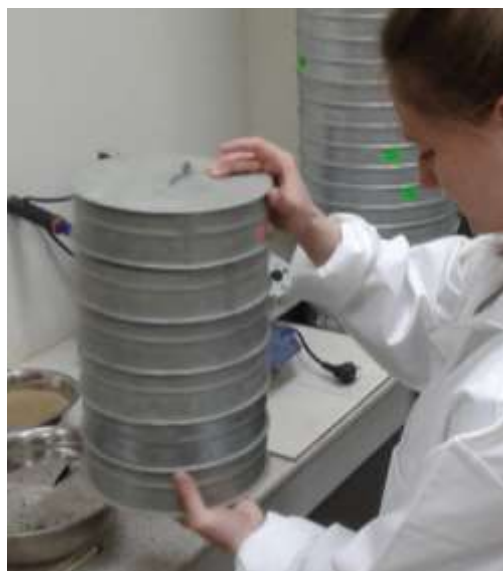


Рисунок 15 – Определение
гранулометрического состава



Рисунок 16 – Определение угла
естественного откоса в сухом
состоянии



Рисунок 17 – Определение угла
естественного откоса в водонасыщенном
состоянии

Определения угла естественного откоса проводились при помощи прибора УВТ-3М (рис. 15, 16) в сухом состоянии и вод водой, согласно рекомендациям [26]

По полученным данным (таблица 7) для песка мелкого значение угла естественного откоса составляет в сухом составляет $36-37^\circ$, тогда как для водонасыщенного состояния – 45° .

Таблица 7 – Гранулометрический состав, угол естественного откоса песков

№ пробы	Содержание фракций, %						φ, °		ГОСТ 25100-2011
	>2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1	сухой	влаж.	
1	8,34	3,03	5,14	61,60	21,00	0,90	37,87	45,60	песок средний
2	0,06	0,04	0,51	39,50	59,23	0,66	36,40	44,40	песок мелкий
3	1,83	1,20	1,03	19,81	74,91	1,22	37,10	44,70	песок мелкий
4	1,87	3,16	14,18	49,01	29,37	2,41	37,83	44,30	песок средний
5	3,44	5,79	18,08	50,10	18,96	3,62	39,47	45,90	песок средний
6	5,17	4,61	12,67	43,80	31,01	2,73	39,80	44,90	песок средний

Графически гранулометрический состав отображен на рисунке 18.

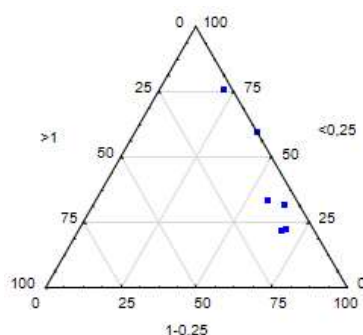


Рисунок 18 – Треугольник Ферре гранулометрического состава грунтов

На рисунке 19 приведен график изменения значений угла откоса от процентного содержания частиц размером более 25 мм. Наблюдается увеличение значений угла естественного откоса в водонасыщенном состоянии при увеличении содержания частиц диаметром более 0,25 мм. Однако для составления уравнения зависимости угла естественного откоса от содержания частиц необходимо получить и обработать значительно большее количество проб.

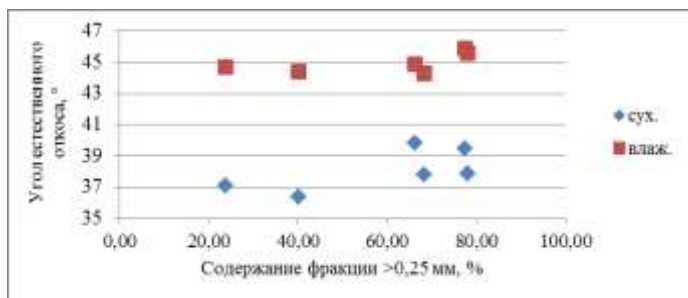


Рисунок 19 – График зависимости гранулометрического состава и угла откоса

Т.к. согласно инженерно-геологическим изысканиям, на территории анализируемого карьера полезная толща грунтов представлена песками мелкими, расчетное значение принято равным: угол естественного откоса – $36,75^\circ$ в сухом состоянии, $44,55^\circ$ в водонасыщенном состоянии.

Согласно проведённому исследованию минералогического состава ИГЭ 3, проведённого согласно ГОСТ 8735-88 содержание полевых шпатов составляет 49,75%, кварца прозрачного – 36,25%, обломки пород – 11,5%, рудный минерал представлен магнетитом и составляет – 1,5%, диаграмма процентного соотношения минерального состава представлена на рисунке 19. Обломки минералов характеризуются различной степенью окатанности с преобладанием хорошо окатанных, плоско и выпукло-окатанных, в меньшей степени были отмечены угловато-окатанные с неровно-сглаженными краями. Отмечается различная форма зерен: округло, выпукло и неравномерно-окатанная, неровная поверхность, выпукло-плоско-сглаженная. Содержание акцессорных минералов составляет около 1% и представлено турмалином, апатитом, сфеном и амфиболом.

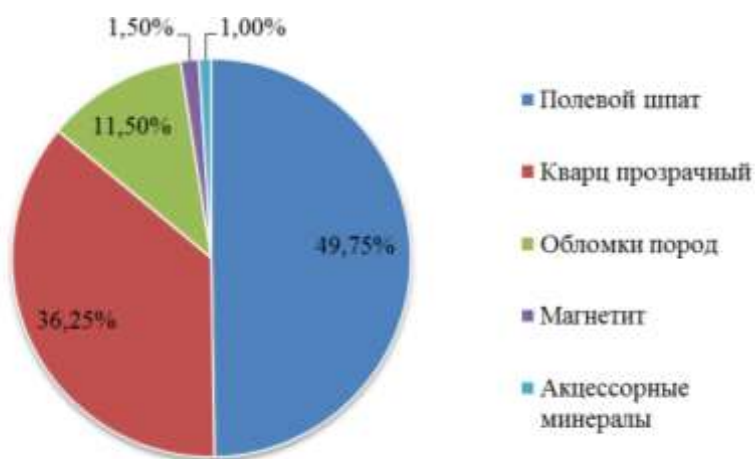


Рисунок 20 – Диаграмма процентного соотношения минерального состава песка

Показатели качества – отвечают требованиям нормативных документов, техническая мелиорация при разработке карьера не требуется – I группа сложности.

Подсчет запасов произведен методом правильных геометрических фигур и средних мощностей. Площадь в контуре подсчета запасов определялась по топоплану электронным способом (в программном комплексе AutoCAD). Средняя мощность полезной толщи рассчитана как среднеарифметическое значение по всем выработкам, включенным в подсчет запасов блока. Результаты подсчета запасов приведены в таблице 4.

Таблица 4– Таблица подсчета запасов

Основные показатели подсчета запасов грунта	Средняя мощность, м	Площадь в контуре подсчета запасов, м ²	Объем запасов, м ³
Вскрыша	2,2	161 833	356 032
Торф	0,8		129466
Суглинок	1,4		226566
Полезный слой	6,0		970 998
песок мелкий	6,0		970998

Окончательные запасы полезного слоя в карьере определены в объеме 970998 м³.

Грунты продуктивной толщи проектируемого карьера находятся ниже уровня подземных вод, площадка карьера расположена в озере, которое будет являться источником водоснабжения для разработки карьера гидромеханизированным способом. Укладка песка предполагается на площадку складирования. По качественным показателям песок может быть использован для планировочных работ.

Определение физико-механических свойств песка и суглинка проводились в аккредитованной лаборатории, результаты приведены в таблице 5.

Согласно классификации, приведённой в СП 11-109-98 [22], на основании вышеописанного анализа и оценки факторов, определяющих горно-геологические условия карьера, условия исследуемого участка карьерной выработки по совокупности факторов отнесены к II-й (средней) группе сложности.

Таблица 5 – Физико-механические свойства отобранных грунтов по данным инженерно-геологических изысканий [69]

№ скважины	Интервал опробования, м	Гранулометрический состав, %									Плотность грунта ρ, г/см³	Плотность частиц грунта ρs, г/см³	Плотность сухого грунта ρd, г/см³	Влажность грунта, д.е.			Число пластичности Ip	Показатель текучести IL	содержание орган. в-ва Ig, д.е.	Степень зольности торфа Das, д.е.	Коэффициент неоднородности Cu	Угол естественного откоса		Модуль крупности Mкр	Коэффициент фильтрации Kф, м/сут.	Наименование грунта (ГОСТ 25100-2011)
		Размер фракций, мм												природная We	на границе текучести Wl	на границе раскатывания Wp										
		5 - 2	2 - 1	1 - 0,5	0,5 - 0,25	0,25 - 0,1	0,1 - 0,05	0,05 - 0,01	0,01 - 0,005	< 0,005																
2	1,7-2,7												0,38	0,42	0,26	0,16	0,75	0,07								суглинок текучепластичный
	4,0-9,0	0,0	0,4	1,8	29,4	61,7	6,7	0,0					0,18											2,2		песок мелкий
4	2,0-3,0												0,49	0,50	0,34	0,16	0,94	0,09								суглинок текучепластичный
	3,5-7,0	0,1	1,4	7,1	31,7	49,2	10,5	0,0					0,21													песок мелкий
	7,0-10,0	0,8	1,0	6,2	40,6	42,2	9,2	0,0					0,23													песок мелкий
6	1,0-2,5												0,40	0,44	0,27	0,17	0,76	0,08								суглинок текучепластичный
	3,5-8,5	0,5	1,0	9,0	42,9	35,8	10,8	0,0					0,25													песок мелкий
9	2,0-3,5												0,37	0,41	0,25	0,16	0,75	0,07								суглинок текучепластичный
	4,5-9,5	0,0	0,9	4,6	30,7	54,8	9,0	0,0					0,21													песок мелкий
11	2,0-3,0												0,51	0,51	0,34	0,17	1,00	0,09								суглинок текучепластичный
	4,0-9,0	0,3	1,4	6,9	32,1	47,9	11,4	0,0					0,20													песок мелкий
13	1,5-2,5												0,39	0,43	0,27	0,16	0,75	0,08								суглинок текучепластичный
	3,5-8,5	0,8	1,1	8,7	42,7	36,2	10,5	0,0					0,25												2,8	песок мелкий
15	1,5-2,5												0,37	0,40	0,26	0,14	0,79	0,06								суглинок текучепластичный
	3,0-8,0	0,0	0,4	2,2	33,4	58,0	6,0	0,0					0,19													песок мелкий
17	1,0-2,0												0,34	0,38	0,21	0,17	0,76	0,06								суглинок текучепластичный
	3,0-7,0	0,0	0,8	6,9	33,8	47,9	10,6	0,0					0,22													песок мелкий
	7,0-10,0	0,3	1,1	7,0	34,7	47,7	9,2	0,0					0,23												2,5	песок мелкий
19	2,0-3,0												0,50	0,51	0,34	0,17	0,94	0,09								суглинок текучепластичный
	4,0-9,0	0,4	1,1	7,8	37,5	43,9	9,3	0,0					0,22													песок мелкий
21	1,5-2,0												0,36	0,39	0,27	0,12	0,75	0,06								суглинок текучепластичный
	2,5-7,0	0,0	0,6	8,1	40,2	41,9	9,2	0,0					0,25													песок мелкий
22	1,5-2,0												0,38	0,42	0,25	0,17	0,76	0,06								суглинок текучепластичный
	3,0-7,0	0,0	0,5	6,0	35,3	50,1	8,1	0,0					0,20													песок мелкий
24	1,5-2,5												0,36	0,39	0,24	0,15	0,8	0,06								суглинок текучепластичный
	3,0-8,0	0,0	0,8	7,9	37,8	47,5	6,0	0,0					0,19													песок мелкий
26	1,0-2,5												0,37	0,41	0,25	0,16	0,75	0,06								суглинок текучепластичный
	3,5-8,0	0,8	0,8	8,5	39,6	42,6	7,7	0,0					0,25												2,5	песок мелкий
Средневзвешенный гранулометрический состав																										
		0,3	0,9	6,5	36,1	47,3	8,9	0,0					0,22							2,1					2,5	песок мелкий

3.4 Режимные изменения уровня воды в озере

Для определения влияния уровня воды на устойчивость борта карьера необходимо учесть его сезонные изменения, для чего необходимо учитывать как наивысший, так и минимальные уровни воды.

Согласно данным инженерных изысканий отметка уровня воды на март 2015 г. составляла 81,70 м (БС). Данный уровень примем за уровень порога стока, т.к. следует предположить, что он равен уровню зимней межени.

Для расчета максимального уровня исследуемого сточного озера воспользуемся зависимостью [27] (формула 1), выведенной и применяемой при отсутствии данных наблюдений

$$\bar{\Delta}H_w = \beta_w * \sqrt{\frac{F_{lb}}{F_{lm}}} \quad (1)$$

где $\bar{\Delta}H_w$ – средний многолетний весенне-летний подъем уровня воды в озере над порогом стока (см), F_{lb} – площадь водосбора озера (км²), F_{lm} – площадь зеркала озера (км²), β_w – коэффициент, определяемый по данным наблюдений по озерам-аналогам.

Согласно результатам многолетних экспедиционных исследований строения и гидрометеорологического режима болотных систем зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири, проведенных Государственным гидрологическим институтом в 1973–1992 гг, [28] коэффициент β_w для севера Западной Сибири рекомендуют принимать ориентировочно равным 20.

Площадь водосборного бассейна исследуемого озера была высчитана по спутниковому снимку (рис. 20). Площадь бассейна с учетом обозначенными на спутниковом снимке объектами инфраструктуры составила 3,69 км². По расчетам площади зеркала озера методом палетки с рисунка 21 было получено значение 0,61 км².



Рисунок 21 – Границы водосборного бассейна оз. Без названия (Яндекс)

Так же необходимо ввести поправки на ветровой нагон и высоту наката, согласно СП 33-101-2003 [29].

Ветровой нагон, по причине отсутствия данных наблюдений рассчитаем по формуле 2.

$$\Delta h_{set} = k_{ww} * \frac{L_w * v_{w10}^2}{g * (h_{WL} + 0.5 \Delta h_{set})} * \cos \alpha \quad (2)$$

где α – угол между продольной осью водоема и направлением ветра, °; h_{WL} – глубина дна, м; k_{ww} – коэффициент, (табл. значение 4,22 [26]); L_w – значение предельного разгона относительно румба ветра, м; v_{w10} – скорость ветра на высоте 10 м, м/с.

В результате расчета, через поиск решения в MS Excel было вычислено, что ветровой нагон составит 0,19 м.

Высоту наката рассчитываем СП 33.13330.2018 [30] приложение Д по формуле 3.

$$h_{run} = k_r * k_p * k_{sp} * k_{run} * k_i * k_a * h_{1\%} \quad (3)$$

где k_r , k_p – коэффициенты шероховатости и проницаемости откоса, принимаемые по таблице Д.1 [30], k_{sp} – коэффициент, принимаемый по таблице Д.2 [30]; k_{run} – коэффициент, принимаемые по графику рис.Д.1 [30]; k_i – коэффициент обеспеченности по накату, принимаемый по таблице Д.3 [30]; k_a – коэффициент, принимаемый по таблице Д.4

[30], в зависимости от между урезом воды и фронтом волны, $h_{1\%}$ – высота волн обеспеченностью 1%.

Высота наката составила 1,04 м. В результате, средний многолетний весенне-летний подъем уровня воды в озере над порогом стока составил 172,12 см (1,72 м). На основании чего, в расчете принимаем отметку озера, во время весенне-летнего периода работ – 83,42 м (БС).

5 Природоохранные и восстановительные работы

При отработке гидронамывным способом карьеров важно и необходимо учитывать возникающее воздействие на поверхностные водные объекты.

К оцениваемым поверхностным водным объектам в данной работе относится озеро без названия и вытекающий из него ручей. Негативное воздействие на данные водные объекты представлено изменением мутности.

Степень негативного воздействия на каждый из перечисленных выше параметров имеет тесную связь с гидрологическими, морфологическими и гидравлическими характеристиками водного объекта. Так же большое значение имеют технические параметры карьерной разработки НСМ: длина, ширина, глубина, форма и местоположение карьера в пределах водного объекта, технология, используемая техника, время, объем добычи и продолжительность разработки карьера.

Требования рыбохозяйственного водопользования должны обеспечиваться с учетом рыбохозяйственной ценности участка водного объекта в каждом конкретном случае в створе не далее 500 м от места производства гидромеханизированных работ [40].

5.1 Расчет зон осаждения частиц грунта в ручье без названия

С целью сохранения ОС, сокращения до минимума технологических зон гидромеханизации и стабилизации водного баланса в карьерах активно применяется схема отвода отработанных и фильтрационных вод непосредственно в карьер.

Метод расчета распространения поля мутности для малых рек разработан в Государственном гидрологическом институте [41]. В малых водотоках работа техники приводит к равномерному распределению технологической мутности в исходном створе, и трансформация поля мутности происходит по длине реки в основном за счет осаждения частиц.

Расчет производится для величины превышения мутности над фоновыми значениями с учетом, что фоновой является мутность, соответствующая гидравлическим характеристикам потока, что не приводит к заилению русла.

Расход воды в реке q (м³/с) рассчитывается по формуле:

$$q = b * h * v, \quad (13)$$

где b – ширина реки, м, h – средняя глубина реки, м, v – средняя скорость течения, м/с.

Согласно данным, полученным в результате инженерно-геодезических изысканий, ширина ручья без названия составила – 0,65 м.

Средняя скорость потока, измеренная поплавковым методом после начала гидромеханизированных работ (июнь), составила – 0,35 м/с.

Тогда, согласно расчету по формуле 13 расход в ручье без названия равен 0,23 м³/с.

Средняя технологическая мутность в створе перехода определяется по формуле

$$\Delta P = \frac{g \cdot \rho \cdot z \cdot 10^4}{q} \quad (14)$$

где ΔP – средняя дополнительная мутность в створе работ, г/м³; g – производительность землеройной техники, м³/с; z – процент уноса грунта; ρ и q – объемная масса грунта (т/м³) и расход воды (м³/с), соответственно.

Производительность используемого земснаряда 180-60 с ГрУТ 3000/72, согласно техническому паспорту составляет: по пульпе – 3243 м³/час, по грунту – 354 м³/час. Процент уноса грунта, согласно РСН Сборник 1. земляные работы, раздел 8 составляет 0,25% [68].

Объемная масса грунта в русле в естественном состоянии была определена в соответствии с имеющейся характеристикой механического состава грунта по таблицам, представленным в работе Караушева «Сток наносов, его изучение и географическое распределение».

Время воздействия дополнительной мутности на водоток составило 176,5 суток и определялось по формуле 15

$$\tau = \frac{W}{g} \quad (15)$$

где W –объем перемещаемого грунта, м^3 ; g – производительность землеройной техники, $\text{м}^3/\text{с}$ (взята согласно ссылка на проект).

Таблица 9 – Границы зон полного осаждения фракций грунта

Размер фракций частиц, мм	Содержание фракции, %	Расчетный диаметр фракций, мм	Температура воды, °С	Температурный поправочный коэффициент	Гидравлическая крупность фракций, м/с	Средняя глубина потока, м	Средняя скорость потока, м/с	Границы зоны полного осаждения фракций, м
>10	0	0	5	1,0	0,4900	0,45	0,35	0,32
10-5	0	0	5	1,0	0,2225	0,45	0,35	0,71
5-2	0,3	0	5	1,0	0,2042	0,45	0,35	0,77
2-1	0,9	0	5	1,0	0,1825	0,45	0,35	0,86
1-0,5	6,5	0	5	1,0	0,1120	0,45	0,35	1,41
0,5-0,2	36,1	0,2	5	1,0	0,0534	0,45	0,35	2,95
0,2-0,1	47,2	0,1	5	1,0	0,0055	0,45	0,35	28,64
0,1-0,05	8,9	0,05	5	1,0	0,00386	0,45	0,35	40,80
0,05-0,01	0	0,01	5	1,0	0,001060	0,45	0,35	148,58
0,01-0,005	0	0,005	5	1,0	0,000043	0,45	0,35	3662,79
0,005-0,001	0	0,001	5	1,0	0,000001	0,45	0,35	201923,08

В проведении расчетов дополнительной мутности необходимо учитывать, что в период летней межени скорости течения, соответственно расход воды – снизятся, что приводит к изменению зон полного осаждения фракций – уменьшению зоны полного осаждения, что приведёт к росту заиления русла, что соответственно изменит его состояние и глубину.

Однако для мелких водотоков, исток которых начинается из водоёма, гидрологический режим характеризуется отсутствием резкого роста расхода воды в период половодья, т.к. источник питания имеет не столь значительные скачки уровня воды. Стоит предположить, что снижение расхода воды все же происходит, но не столь значительно, т.к. согласно расчетам уровень воды в озере в весенне-летний период поднимется на 0,49 м, что значительным образом не повлияет на скорость течения в ручье.

В результате проведения расчета, было вычислено количественное значение дополнительной мутности и расстояния его распространения. Полученные значения представлены в таблице 10.

Проанализировав и графически отобразив полученные данные (рис. 28), отметим, что максимальное расстояние осаждения – 287,18 м имеют частицы диаметром 0,01-0,05 мм. На основании чего, можно сделать вывод, что возникновение дополнительной мутности в ручье без названия будет распространяться на 287,18 м, после чего техногенная нагрузка, представленная дополнительной мутностью, прекратится.



Рисунок 31 – Границы зон осаждения дополнительной мутности

Таблица 10 – Качественные и количественные характеристики дополнительной мутности

№ строки	Доп. мутность в створе работ ΔP , г/м ³	Масса грунта, поступающая в поток G, т	Время разработки грунта t, смен	Расход воды в русле, м ³ /с	Фракция частиц d, мм	Содержание фракции и p, %	Масса грунта фракции, поступающая в поток G _i , т	Масса грунта каждой фракции, осевшей в зоне								Масса осевшего грунта в зоне $\sum G_i$	Масса осевшего грунта от створа работ до расчетного створа G_{iL}	Масса транзитного грунта в створе работ G_{iL} (транзит)	Полная доп. мутность по расчетным створам при разработке грунта ΣM^3	Положение расчетного створа (от створа работ) L	Среднее время воздействия мут-ти
								1	2	3	4	5	6	7	8						
1	21,01	317,532	17,67	0,23	>10	0	-	-								0,00	0,00	317,53	95,03	0,00	176,5
2			17,67	0,23	10-5	0	-	-	-							0,00	0,00	317,53	95,03	0,00	
3			17,67	0,23	5-2	0,3	0,95	0	0	0,95						0,95	0,95	317,53	95,03	2,67	
4			17,67	0,23	2-1	0,9	2,86	0	0	1,63	1,22					2,86	3,81	316,58	94,75	4,67	
5			17,67	0,23	1-0,5	6,5	20,64	0	0	5,90	5,90	8,85				20,64	24,45	313,72	93,89	9,33	
6			17,67	0,23	0,5-0,2	36,1	114,63	0	0	10,92	27,29	38,21	38,21			114,63	139,08	293,08	87,72	28,00	
7			17,67	0,23	0,2-0,1	47,3	150,19	0	0	7,15	14,30	28,61	42,91	57,22		150,19	289,27	178,45	53,41	56,00	
8			17,67	0,23	0,1-0,05	8,9	28,26	0	0	0,26	0,52	2,10	3,15	8,77	13,45	28,26	317,53	28,26	8,46	287,18	
9						$\sum G_i$	317,53	0	0	26,81	49,24	77,76	84,27	65,99	13,45	317,53		0,00			

5.2 Рекультивация карьерной выработки

Согласно ГОСТ 17.5.1.01 [43] рекультивация земель означает «комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества».

Рекультивация является восстановительным мероприятием, целью которого является минимизация, в идеале – устранение последствий воздействия процесса добычи на окружающую среду, особенно на земельные ресурсы с целью возвращения в хозяйственный оборот.

Непременнo, для достижения максимальной эффективности проводимых восстановительных работ, необходимо проведение подготовительных работ, основной целью которых является изучение и обследование нарушаемой и восстанавливаемой территории, выбор и обоснование наиболее эффективного и рационального направления рекультивации. [44].

В процессе работ, направленных на изучение вопроса восстановления нарушенных горнодобывающим производством земель необходимо отметить критерии оценки, позволяющие учитывать как исходные природные условия территории, так и их трансформацию, возникшую в результате техногенного воздействия. Особое внимание следует уделять физико-механическим и химическим свойствам вскрышных и вмещающих пород, природным особенностям региона, способу разработки и объему изъятия ПИ месторождения.

До настоящего времени при выборе направления рекультивации превалировал хозяйственный подход, где вид рекультивационных работ определялся исходя из экономических возможностей или по видам землепользования до нарушения земель горными работами [44]. Однако карьеры, отрабатываемые гидромеханизированным способом, зачастую оставляют без каких либо рекультивационных работ, обрекая тем самым на саморекультивацию.

В настоящее время разработан свод правил СП 407.1325800.2018 [45] специализированный на регулировании вопросов разработки месторождений гидромеханизированным способом. Одним из разделов которого является – Охрана окружающей среды, где в приложении К приведены рекомендуемые поперечные профили отработанных карьеров для рекультивации.

Процесс рекультивации производится в два этапа: технический и биологический.

В соответствии требованиям ГОСТ 17.5.3.04-83 [46] при проведении технического этапа рекультивации должны быть выполнены следующие основные работы: освобождение рекультивируемой поверхности от производственных конструкций и строительного мусора с последующим их захоронением или организованным складированием; противоэрозионная организация территории.

Биологическая рекультивация является завершающим этапом и проводится для снижения и предотвращения последствий техногенных нарушений путем проведения противоэрозионных мероприятий на рекультивируемых участках.

Водоем, образовавшийся по окончании гидромеханизированных работ, в пределах границ горного отвода, подлежит технической рекультивации, биологическая рекультивация не требуется, так как по окончании гидромеханизированных работ территория карьера, в пределах границ горного отвода, будет представлять собой единую водную гладь.

Исследуемое озеро без названия из-за значительного увеличения глубины становятся пригодны для круглогодичного обитания рыб, могут служить резервуарами для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

5.1.1 Рекультивация для рыбохозяйственного назначения

Выполнение бортов карьерных выемок, планировка мелководной зоны будущего водоёма, покрытие мелководной зоны слоем плодородных пород являются необходимыми требованиями технического этапа рекультивации водохозяйственной и рыбохозяйственной рекультивации

карьерных выемок глубиной до 15 м согласно методическим указаниям по проектированию рекультивации нарушенных земель на действующих и проектируемых предприятиях.

Для применения карьерной выемки как рыбоводческого водоёма в прибрежной полосе необходимо создать мелководную зону шириной 30-100 м с постепенным увеличением глубины от 1,5 до 5-10 м. Длина этой зоны должна быть не менее 40-50% общей протяженности береговой линии. Мелководная зона должна быть выровнена.

Согласно требованиям СП 407.1325800.2018 приложения К [45], поперечный профиль после проведения технического этапа рекультивации должен иметь параметры, указанные на рисунке 32.



Рисунок 32 – Поперечный профиль рекультивируемого карьера
рыбохозяйственного назначения [45]

Согласно требованиям ГОСТ 17.1.2.04-77 [47] донные отложения рекультивируемого карьера представлены песком мелким, что относится к пригодным для обитания организмов отложениям.

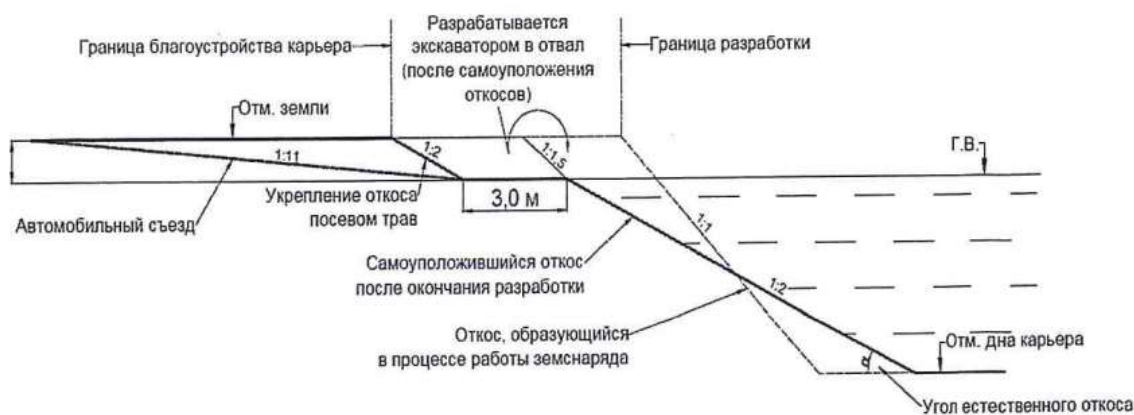
Так же особое внимание необходимо уделить химическому составу вод рекультивируемого карьера, т.к. содержание различных химических веществ регламентируется приказом от 13 декабря 2016 года N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

Разработка карьера производится гидронамывным способом, что приводит к появлению дополнительной мутности и высокой вероятности повешения концентрации нефтепродуктов. На основании чего, рекомендуется уделить особое внимание данным параметрам на этапе проведения рекультивационных работ.

5.1.2 Рекультивация для технического водоснабжения

Одним из возможных видов использования воды в озере может стать её применение в системе обеспечения технической водой вахтовых поселков, на этапах подготовки и разработки расположенных непосредственной близости кустовых площадок.

Для подготовки системы водозабора необходимо снизить уменьшить угол естественного откоса, через увеличение границ благоустройства карьерной выработки, примеры возможных поперечных профилей взяты из СП 470.1325800.2018 приложения К (рис. 33, 34).



Г.В. — горизонт воды

Рисунок 33 – Поперечный профиль водоема для технических нужд [45]



Рисунок 34 – Поперечный профиль водоема для технических нужд [45]

Согласно ГОСТ 17.5.3.04-83 п.6.3 при рекультивации земель для водохозяйственного направления необходимо проводить:

- 1 строительство соответствующих гидротехнических сооружений, необходимых для затопления карьерных выемок и поддержания в них расчетного уровня воды;
- 2 мероприятия по предотвращению оползней и размыва откосов водоемов;
- 3 мероприятия по благоустройству территории и озеленению откосов.

На основании всех требований нормативной документации необходимо на этапе проектирования разработки карьера запроектировать работы по планировке поверхности бульдозером, производимые в теплое, безморозное время года.

Проведение работ по рекультивации нарушенных земель является неотъемлемой частью строительства объекта. Все площади, отведённые землепользователем во временное пользование на период строительства, после проведения рекультивационных работ передаются землепользователю в установленном порядке. Выполнение запроектированных мероприятий по рекультивации на участках временного отвода земель под строительство карьера позволит снизить, а в ряде случаев и полностью предотвратить последствия техногенных нарушений.

6 Финансовый менеджмент, ресурсообеспеченность и ресурсосбережение

6.1 Анализ конкурентных технических решений

Для анализа и определения потребителей результатов проведенного исследования необходимо рассмотреть, изучить и проанализировать целевой рынок и провести его сегментирование, т.е. выделить группы потребителей с общими признаками.

Потребителем получаемой продукции проектных институтов и изыскательских фирм являются компании и предприятия, нуждающиеся в строительном материале, представленном общераспространёнными полезными ископаемыми, в случае данного исследования – песка для планировочных работ обустройства месторождений нефтегазового комплекса и сопутствующей инфраструктуры.

На рисунке 35 приведена карта сегментации рынка услуг по проведению инженерных изысканий, поиску и оценке общераспространённых полезных ископаемых для строительных нужд. Для сравнения и проведения анализа были выбраны различные по размеру фирмы.

		Вид выполняемых работ			
		Полевые	Лабораторные	Оценочные	Подготовка проектной документации
Размер фирмы	Крупная				
	Средняя				
	Мелкая				

Рисунок 35 – карта сегментирования рынка услуг по проведению и разработке поисково-оценочных работ ОПИ

Для того чтобы вовремя вносить коррективы и изменения в работу и оставаться конкурентно способными фирмам необходимо проведение детального анализа конкурирующих фирм и разработок, а так же

нововведений в законодательство необходимо проводить систематически. Для сравнения проведём анализ конкурентных технических решений крупной и мелкой фирм.

Таблица 11 – Карта сравнения конкурентных технических решений

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Бк1	Бк2	Кк1	Кк2
Технические критерии ресурсоэффективности					
Надёжность	0,13	4	5	0,52	0,65
Достоверность	0,21	4	4	0,84	0,84
Экологическая безопасность при проведении работ	0,05	4	5	0,20	0,25
Объем охватываемых работ	0,18	2	5	0,36	0,90
Экономические критерии оценки эффективности					
Цена	0,28	5	3	1,40	0,84
Время выполнения работ	0,15	4	5	0,60	0,75
Итого	1,00	23,00	27,00	3,92	4,23

При оценке качества используется два типа критериев: технические и экономические. Сумма весов показателей составляет 1. Каждый показатель оценивается по пятибалльной шкале.

Конкурентоспособность конкурента К

$$K = \sum B_i * B_i \quad (16)$$

где B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

Полученные в результате анализа и расчета сведены в таблицу 11, где в итоге указана сумма всех конкурентоспособностей по каждому из критериев оценки работы фирм. Где за первую была взята небольшая компании, вторую – крупный научный институт.

По результату проведения анализа отмечено, что крупный научный институт проводит полный комплекс работ, имеет большой опыт их проведения, однако по стоимости он сильно превышает стоимость работ мелкой фирмы, что способствует появлению шансов и возможностей для небольших фирм, стоимость услуг которых ниже, а достоверность и надёжность полученных данных аналогична или отличается незначительно.

Проведем функционально-стоимостной анализ, цель которого заключается в доскональном изучении процесса подготовки, производства работ и выявлении функционально неоправданных, излишних затрат,

которые возникают из-за введения ненужных функций, которые не имеют прямого назначения и не направлены на совершенствование процесса.

Данный анализ включает в себя шесть стадий. Первой является определение объекта анализа, которым в рамках данной магистерской диссертации является подготовка к разработке гидронамывным способом карьера песка.

Следующей стадией является определение различного уровня функций выполняемых объектом анализа. Главная функция – внешняя функция, определяющая назначение и сущность, главную цель создания объекта, которой, на мой взгляд, является добыча (получение) песка, требуемого для обустройства кустовых площадок транспортной сети группы Ванкорских нефтегазовых месторождений.

Основная функция – внутренняя функция, которая обеспечивает выполнение объектом главной функции. Среди основных функций по содержанию выделяют функции приёма, передачи, преобразования, хранения и выдачи результатов. Так же выделяют вспомогательные функции – функции ниже рангом и способствующие выполнению основных. Все выделенные функции представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование этапа	Выполняемая функция	Ранг функции		
		Главная	Основная	Вспомогательная
Проект на добычу песка	Обеспечение заказчика сырьем необходимого качества			
Камеральная обработка полученных данных	Выявление полезной толщи, расчет объемов запасов			
Проведение поисково-разведочных работ	Поиск подходящего для разработки участка			
Проведение лабораторного исследования полезной толщи	Определение состава и свойств грунта полезной толщи			

Далее, для построения функционально-стоимостной диаграммы (FAST) необходимо определить и рассчитать значимость выделенных на различных этапах функций. Для расчета этих значений была составлена матрица

смежности функций и количественных соотношений этих функций. После чего, для определения стоимости функций, выполняемых на каждом этапе необходимо провести расчет человеко-ресурсов, трудоёмкости и стоимости выполнения каждой из функций.

Для каждой из выделенной нами функций была рассчитана значимость (таблица 13) относительно ранга функции.

Таблица 13 – расчет качественных соотношений между функциями

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Итого	Значимость
Функция 1	1	0,5	0,5	0,5	3	0,14
Функция 2	1,5	1	1,5	1	5	0,29
Функция 3	1,5	1,5	1	0,5	5	0,26
Функция 4	1,5	1,5	1,5	1	6	0,31

Для расчета количества человеко-ресурсов, трудоёмкости и стоимости выполнения работ каждого этапа воспользуемся ЕНВиР-И «Единые нормы времени и расценки на изыскательские работы». Часть II. Инженерно-геологические изыскания [49].

Так, на этапе поисково-разведочных работ для выполнения бурения станком шнекового бурения УБШМ-1-13 диаметром 89 мм, установленном на гусеничном снегоболотоходе–ТРЭКОЛ. Буровая бригада состоит из 3 человек: бурильщика механического бурения скважин, 2-х помбуров. Так же геолога, для ведения бурового журнала. Согласно нормативу норма времени в часах на 1 м бурения составляет 0,258 ч., оплата измерена в интервале 0-34,9 руб – 1 м бурения. Для расчета была принята стоимость работ – 34,9 руб/п.м., так же был учтен коэффициент за работу полевой партии на территории Крайнего Севера – 1,8.

Для расчета стоимости заработной платы и времени выполнения лабораторных исследований отобранных проб грунта были проведены расчеты на работу 3-х лаборантов, с учетом выполнения работ в лаборатории на территории Туруханского района, где принимают коэффициент к заработной плате – 1,6.

Проведение камеральной обработки и составление отчета по итогам проведения инженерных изысканий проводится одним геологом. Итоговая стоимость работ (зарплаты) и времени выполнения работ приведена в таблице 14.

Таблица 14 – Определение стоимости функций, выполняемых для исследования

Вид работ (этап)	Количество рабочих	Трудоёмкость, нормо-ч	Заработная плата, руб.	Стоимость работ, руб.
Проект на добычу песка	1	101,25	25654,23	25654,23
Камеральная обработка полученных данных	1	57,65	17042,13	17042,126
Проведение поисково-разведочных работ	4	66,45	16175,81	64703,24
Проведение лабораторного исследования полезной толщи	3	15,34	4503,20	13509,6

Для графического отображения полученных результатов применяют построение функционально-стоимостной диаграммы (ФСД) (рис. 36), где отображается зависимость значимости функции от затрат на её выполнение.

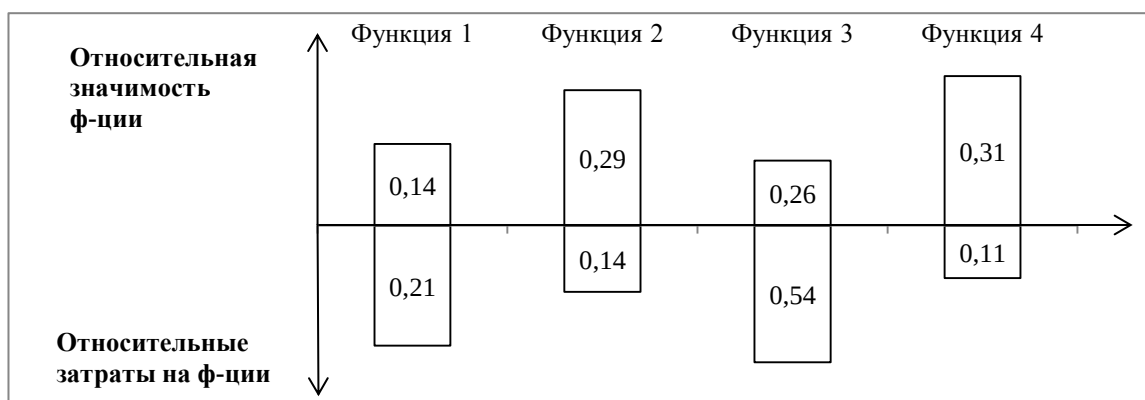


Рисунок 36 – Функционально-стоимостная диаграмма

На построенной диаграмме видно, что для функций характерны диспропорции между значимостью и затратами. Однако, верно оценить и расставить приоритеты между выделенными нами функциями достаточно сложно. Максимальную стоимость имеют полевые работы, однако основной их функцией является получение первичной информации, которая требует уточнения, проведением лабораторных исследований, значимость которых несколько выше. На основании полученных и уточнённых данных

проводится составление отчёта с подсчетом запасов, удовлетворяющих требованиям нормативной документации и доступных для разработки. На основании чего, можно сделать вывод, что наличие дисбаланса в пропорциях стоимости и значимости вполне оправдано.

Для установления сильных и слабых сторон – комплексного анализа научно-исследовательского проекта будет проведен SWOT-анализ (табл. 16). В ходе данного анализа как процесс будет выбран – гидромеханизированный способ разработки месторождений ОПИ, т.к. именно данный способ разработки применяется для выбранного объекта магистерской диссертации. На первом этапе которого необходимо указать сильные и слабые стороны.

Вторым этапом SWOT-анализа является выявление соответствия/несоответствия сильных и слабых сторон условиям внешней среды, результат которой приведен в таблице 15.

Таблица 15 – матрица для SWOT-анализа

Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	+	+	0	+	-	-
	B2	0	+	-	-	0	+	0
	У1	0	+	-	-	+	-	+
	У2	-	0	-	-	-	0	-
	У3	+	-	0	+	+	0	-

Таблица 16 – SWOT-анализ

	Сильные стороны НИП:	Слабые стороны НИП:
	C1. Заявленная экономичность и энергоэффективность применяемой технологии; C2. Экологичность технологии; C3. Более низкая себестоимость данного способа разработки; C4. Более высокая скорость разработки;	Сл1. Необходимость наличия рядом водоёма; Сл2. Особые требования к гранулометрическому составу разрабатываемой толщи и литолого-геологическому разрезу; Сл3. Ведение работ в период открытого русла;

Возможности: В1. Применение данной технологии для разработки аллювиальных отложений; В2. Применение добытого строительного материала (песка, песчано-гравийных смесей) так же для строительства дорог, площадных и линейных объектов;	В1С1С2С3; В2С2;	В1Сл1; В2Сл2;
Угрозы: У1. Изменение гидрологического режима водного объекта, где проводилась разработка; У2. Отсутствие спроса на строительный материал в непосредственной близости к месту возможной разработки; У3. Сложности и труднодоступность транспортировки оборудования	У1С2; У3С1С4;	У1Сл1; У3Сл1;

6.2 Планирование работ по инженерным изысканиям

В данной работе проводится анализ проектной организации, которая состоит из полевой и камеральной групп, лаборатории, проектировщика и главного инженера проекта. Планирование работ позволяет распределить обязанности и определить ответственных за выполнение каждого из этапов работ, составить график выполнения, рассчитать трудоемкость и заработную плату сотрудникам. Последовательность работ и исполнители представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение у заказчика технического задания на проектирования карьера по добычи ОПИ	ГИП
Подготовка геологического задания, программы инженерных изысканий (ИИ)	2	Определение участка проведения геологоразведочных работ, объема, порядка и сроков выполнения	Геолог камеральной группы
Проведение полевых работ	3	Проведение буровых работ, отбор проб	Полевая группа
Проведение лабораторных исследований	4	Проведение требуемых исследований отобранных проб	Лаборатория
Составление отчета по результату проведения ИИ	5	Обобщение и оценка результатов полевых работ и лабораторных исследований	Геолог камеральной группы
Проект карьерной выработки	6.1	Анализ полученных данных, выбор способа разработки с учетом особенностей месторождения, подсчет объемов добычи с учетом потерь при разработке	Проектировщик
	6.2	Контроль качества выполнения проекта	ГИП
	6.3	Окончательный вариант проекта	Проектировщик

6.3 Определение трудоёмкости выполнения работ

Трудовые затраты являются одной из важных частей стоимости разработки проекта. Оценку трудоёмкость проводят в человеко-днях и носят вероятностный характер. Расчёт проводят по формуле 17. Среднее (ожидаемое) значение трудоёмкости:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mint} + 2t_{maxt}}{5} \quad (17)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, t_{mint} – минимально возможная трудоёмкость выполнения заданной i -ой работы, t_{maxt} – максимально возможная трудоёмкость выполнения заданной i -ой работы.

Таблица 18 – определение трудоёмкости выполнения работ

Вид работ (этап)	Количество рабочих	Трудоёмкость, нормо-ч
Проект на добычу песка	1	101,25
Камеральная обработка полученных данных	1	57,65
Проведение поисково-разведочных работ	4	66,45
Проведение лабораторного исследования полезной толщи	3	15,34

Исходя из проведенных расчетов в рамках планирования необходимо построить календарный план проекта – в формате диаграммы Ганта, которая представляет столбчатую гистограмму, иллюстрирующую отрезками количество потраченного времени, даты начала и окончания выполнения данных работ.

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (18)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в годе, $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году, $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Длительность каждого этапа работ из всех рабочих дней могут быть переведены в календарные дни через формулу 6.3.3.

$$T_{ki} = T_{pl} * k_{\text{кал}} \quad (19)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях, T_{pl} – продолжительность выполнения i -ой работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Пример для расчета полевого этапа работ (бурение и опробование).

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5} = \frac{3 \cdot 10 + 2 \cdot 14}{5} = 11 \text{ чел-дней};$$

$$T_{P1} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} = \frac{11}{4} = 3 \text{ дня.}$$

Для шестидневной рабочей недели коэффициент календарность равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 51 - 15} = 1,22;$$

$$T_{ki} = T_{pl} * k_{\text{кал}} = 3 * 1,22 = 3,66 \approx 4 \text{ дня.}$$

На основании проведения расчётов был построен календарный план график по максимальным по длительности времени исполнения работ –

таблица 19, где красным цветом выделены выходные дни, зелёным – работа полевой группы и лаборатории, желтым – геолога камеральной группы.

В таблице 20 приведены результаты расчета сметной стоимости проведения инженерно-геологических изысканий согласно справочнику базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства одобренного Письмом Госстроя РФ от 22 июня 1998 г. N 9-4/84. Перевод цен осуществлялся согласно индексу изменения сметной стоимости указанному в Письме Минстроя России от 05.03.2019 N 7581-ДВ/09 и равному – 47,12.

Таблица 19 – Календарный план выполнения работ

Код ра бот	План работ	15.янв	16.янв	17.янв	18.янв	19.янв	20.янв	21.янв	22.янв	23.янв	24.янв	25.янв	26.янв	27.янв	28.янв	29.янв	30.янв	31.янв	01.фев	02.фев	03.фев	04.фев	05.фев	06.фев	07.фев	08.фев	09.фев	10.фев	11.фев	12.фев	13.фев	14.фев	15.фев	16.фев	17.янв	18.фев	19.фев	20.фев	21.фев	22.фев	23.фев	24.фев	25.фев	26.фев	27.фев	28.фев	01.мар
1	Инженерно-геологическое рекогносцировочное обследование																																														
2	Составление программы ИГИ																																														
Полевые работы																																															
3	Буровые работы																																														
4	Отбор проб нарушенной структуры																																														
Лабораторные работы																																															
5.1	Гранулометрический состав																																														
5.2	Плотность																																														
5.3	Влажность																																														
5.4	Козф. фильтрации																																														
5.5	Угол естественного откоса																																														
5.6	Влажность, границы текучести и раскатывания.																																														
Камеральные работы																																															
6	Составление отчета по результатам ИГИ																																														

Выходные/праздничные дни

Геолог камеральной группы

Полевая и лабораторная группы

Таблица 20 – расчет сметной стоимости проведения инженерно-геологических изысканий

№ пп	Виды работ	Ед. Изм.	Кол- во	№№ таблиц	Расчет стоимости	Стоимо- сть, руб
1	2	3	4	5	6	7
1. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ						
1	Инженерно-геологическое рекогносцировочное обследование при хорошей проходимости	п.км	0,1	т.9, п.2	23,3x0,1 x1,4 x1,8 x1,3	7,63
2	Плановая и высотная привязка выработок и точек стат. зонд.	точка	22	т.93,п. 1	8,5x22 x1,4 x1,8 x1,3	612,61
3	Колонковое бурение, диаметром до160	п.м.	257,5	т.14.п.1	38,4x257,5 x1,4 x1,8 x1,3	32393,09
4	Гидрогеологические наблюдения при бурении скважины	шт	2,1	т.15.п.1	2,1 x22 x1,4 x1,8 x1,3	151,35
5	Отбор проб св 10 до 20м	шт	22	т.57.п.2	30,6x22 x1,4 x1,8 x1,3	2205,40
6	ВСЕГО полевые работы по базовым ценам 1999 г.	35362,45				
2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ						
7	Гранулометрический состав	обр	13	т.64 п.1	4 x13 x1,3	67,6
8	Плотность	обр	13	т.64 п.1	2,9 x13 x1,3	49,01
9	Влажность	обр	13	т.64 п.1	1,9 x13 x1,3	56,81
10	Коэффициент фильтрации	обр	13	т.64 п.1	16,2 x13 x1,3	694,98
11	Угол естественного откоса	обр	13	т.64 п.1	3,4 x13 x1,3	190,06
12	Влажность, границы текучести и раскатывания	обр	13	т.63 п.1	18,2 x13 x1,3	307,58
13	ВСЕГО лабораторные работы по базовым ценам 1999 г.	1366,04				
3. КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ						
14	Составление программы работ	прогр	1	т.81.п.3	1300x1,25	1625,00
15	Камеральная обработка материалов буровых работ с гидрогеологическими наблюдениями	п.м.	257,5	т.82 п.2	9,3x257,5	2394,75
16	Камеральная обработка лабораторных исследований	%	15	т.86.п.1	0,15 от п.19	204,91
17	ВСЕГО камеральная обработка по базовым ценам 1999 г.	4224,66				
18	Составление камерального отчета	%	21	т.87.п.1	0,21 от п.23	887,18
19	ВСЕГО камеральные работы				п.21+п.22	5111,84
4. ПРОЧИЕ РАБОТЫ						
20	Внутренний транспорт	%	14	т.5. п.1	0,14 от п.6	4950,74
21	Организация и ликвидация работ	%		ОУ п.13	0,06 от п.6	2121,75

22	ИТОГО прочих работ				п.20+п.21	7072,49
23	ИТОГО основные расходы с рыночным коэффициентом				47,12 от п.29	333255,7
24	ИТОГО	47,12 от п.6, 13, 19		2304772,05		

Согласно сметному расчёту стоимость комплекса инженерно-геологических изысканий составит 2304772,05 руб. без НДС, т.к. организация работает по упрощённой системе налогообложения.

6.4 Оценка готовности проекта

Для выявления существующих и возможных затруднений и проблем в ходе выполнения проекта необходимо оценить степень его готовности, уровня собственных знаний для осуществления проекта. Для наглядности была составлена и заполнена форма (таблица 21), которая содержит показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Таблица 21 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности НП	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определён имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации	5	4
3	Определены отрасли и технологии для предложения на рынке	3	2
4	Проработаны вопросы финансирования и коммерциализации научной разработки	3	3
5	Имеется команда для научной разработки	5	4
6	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3

Оценка готовности научного проекта по уровню знаний, имеющихся у разработчика определяется по формуле 20

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (20)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению, B_i – балл по i -му направлению.

По результату расчета было получено – 43 балла, что определяет среднюю перспективность данного проекта. В целом данная разработка является необходимой, однако низкую готовность определяется узким кругом потребителей данной разработки.

Заинтересованными в данном проекте лицами является исключительно заказчик. Заинтересованность которого заключается в расчете объемов добычи песка и изменении очертания береговой линии озера после завершения отработки карьера. На основании полученных расчетов деформации бортов карьера (берега южной части озера) будут запроектированы и проведены работы по рекультивации, что так же отразится на финансовой части разработки карьера. В таблице 22 приведены цели и результаты выполнения проекта.

Таблица 22 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	1. провести комплекс инженерных изысканий; 2. подсчитать объемы запасов, доступных для отработки гидромеханизированным способом; 3. произвести оценку деформации бортов карьера (берега озера)
Ожидаемые результаты:	1. проект на разработку месторождения; 2. результат расчета деформации бортов карьера
Критерии приемки результата проекта	выполнение работ в полном объеме и составление технической документации
Требования	
Требования к результату проекта	положительное заключение ГГЭ

Так же необходимо определить организационную структуру проекта, с целью определения состава рабочей группы, ролей и функций каждого из участников, так же определение трудозатрат. Организационная структура представлена в таблице 23.

Таблица 23 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должности	Роль в проекте	Функции
1	Гусева Н.В., ТПУ ОГ, Кандидат геолого-минералогических наук, заведующая отделением	Руководитель проекта	Координация деятельности участников
2	Бракоренко Н.Н., Кандидат геолого-минералогических наук, старший преподаватель ОГ ТПУ	Консультант	Консультант практической части проекта
3	Берлизева А.Д.	Исполнитель	Выполнение проекта

Так же необходимо определить ключевые события проекта, определить даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты. Данная информация сведена в таблицу 24.

Таблица 24 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат
1	Получение результата проведения полевых работ	28.01.2019	Первичная обработка данных, подготовка и передача проб на лабораторные исследования
2	Получение результатов проведения лабораторных исследований проб	05.02.2019	Обработка результатов лабораторных исследований, построение геолого-литологических разрезов, подсчет объема полезной толщи
3	Написание отчета по ИГИ	01.03.2019	Отчет в соответствии с требованиями нормативной документации к его составу
4	Расчет деформации борта карьера	05.05.2019	Модель деформации борта карьера в результате отработки карьерной выработки

6.5 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета проекта необходимо учесть все виды расходов, которые связаны с его выполнением. К материальным затратам относятся: приобретаемые со стороны сырье и материалы, материалы, канцелярские принадлежности, картриджи и т.п., что приведено в таблице 25.

Таблица 25 – Материальные затраты на выполнение проекта

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы Z_m , руб.
Краска для принтера	Шт	1	700	700
Бумага для принтера формата А4 (500 листов)	Упаковка	2	230	460
Ручка шариковая	Шт	5	25	125
Карандаш чертежный	Шт	4	10	40

В сумме материальные затраты составили 1325 рублей. Цены взяты средние по городу Томску.

Так же следует учесть затраты на выплату заработной платы работникам на этапе полевых и лабораторных исследований, расчет которой приводиться в таблице 16, где трудоёмкость и стоимость работ взята по ЕНВиР-И «Единые нормы времени и расценки на изыскательские работы». Часть II. Инженерно-геологические изыскания с учетом районных коэффициентов.

Таблица 26 – Расчет затрат на заработную плату этапа сбора данных

Исполнитель работ	Количество рабочих	Трудоёмкость, нормо-ч	Заработная плата, руб.	Стоимость работ, руб
Геолог-буровой мастер	1	66,45	25153,46	45276,228
Помбур	3	66,45	16175,81	87349,374
Лаборант 2-3 категории	3	15,34	4503,20	17562,48

В сумме затраты составили 192884,44 рублей.

Отчисления на социальные нужны, согласно расчету по формуле 21, составят 54453,47 руб. на всех работников.

$$C_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп}) \quad (21)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный, ОМС и т.д), $Z_{доп}$ – дополнительная зарплата (13,5 % от основной).

6.6 Ресурсоэффективность

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности (формула 22)

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i \quad (22)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности, a_i – весовой коэффициент проекта, b_i – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле 23.

$$I_{\Phi} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (23)$$

где I_{Φ} – интегральный показатель ресурсоэффективности, Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения, Φ_{max} – максимальная стоимость, в том числе аналогов.

Сравнительная оценка характеристик разрабатываемого проекта приведена в таблице 27.

Таблица 27 – Сравнительная оценка характеристик разрабатываемого проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки		Показатель ресурсоэффективности	
		Тек. вариант	Аналог 1	Тек. вариант	Аналог 1
Надёжность	0,13	4	5	0,52	0,65
Достоверность	0,21	4	4	0,84	0,84
Эколог. безопасность при проведении работ	0,05	4	5	0,2	0,25
Объем работ	0,18	2	5	0,36	0,9
Цена	0,28	5	3	1,4	0,84
Время выполнения работ	0,15	4	5	0,6	0,75
ИТОГО	1,00	3,83	4,50	3,92	4,23

В результате выполнения данного раздела проведен анализ конкурентных технических решений, с помощью которого было определено, что крупный научный институт (аналог 1 в таблице 27) проводит полный комплекс работ, имеет большой опыт их проведения, однако по стоимости он сильно превышает стоимость работ мелкой фирмы (тек.вариант в таблице 27), что способствует появлению шансов и возможностей для небольших фирм, стоимость услуг которых ниже, а достоверность и надёжность полученных данных аналогична или отличается незначительно.

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналога позволяет определить сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = (I_{\text{финр}}^{\text{р}}) / (I_{\text{финр}}^{\text{а}}) \quad (24)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта; $I_{\text{финр}}^{\text{р}}$ – интегральный показатель эффективности разработки; $I_{\text{финр}}^{\text{а}}$ – интегральный показатель эффективности аналога.

Результаты расчетов сведем в таблицу 28

Таблица 28 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог	Тек. вариант
1	Интегральный финансовый показатель проекта	0,74	0,45
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	3,7	3,92
3	Интегральный показатель эффективности	6,23	8,52
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,37	

6.7 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта представляют себя, как возможные к возникновению неопределенные события, что может привести к последствиям с нежелательными эффектами. Информация, по выделенным нами рискам представлена в виде таблицы 29.

Таблица 29 – Реестр рисков проекта

Риск	Потенциальное воздействие	Вер-ть наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения	Условия наступления
Изменение в нормативно-правовой базе	Срывы сроков сдачи работ	4	4	средний	Мониторинг изменений	Внесение изменений в документы
Рост стоимости специализированного ПО, топлива, стоимости ЛИ	Незапланированные затраты	3	3	средний	Формирование финансовых резервов.	Изменение стоимости в одностороннем порядке
Изменения в кадровом составе	Срыв сроков выполнения работ,	4	5	высокий	Разработка и внедрение премиально-сдельной	Низкая заработная плата.

Риск	Потенциальное воздействие	Вер-ть наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения	Условия наступления
Рост конкуренции	Снижение рентабельности, прибыли	4	5	высокий	Проведение маркетинговых исследований.	Увеличение количества фирм-конкурентов.
Наложение работ по различным объектам	Срыв сроков выполнения работ, изменение качества выполнения работ	4	4	высокий	Система планирования работ, мониторинг контрольных точек проектов.	Большой объем заказов
Разрыв платежного баланса	Временная неплатежеспособность	5	5	высокий	Заключение договора с банком о льготном кредитовании	Выполнение работ без аванса с расчетом после активирования.

Показатель ресурсоэффективности по пятибалльной шкале равен $I_p = 3,92$, что говорит о достаточно эффективной реализации работ по проектированию разработки карьера ОПИ в небольшой частной компании.

На основании полученных результатов данного раздела делаем вывод о том, что работа по подготовке проектной документации для разработки карьера песка гидромеханизированным способом является экономически целесообразной и успешной.

Построен календарный план–график проведения работ по проведению поиска, разведки и оценки месторождения ОПИ. Общее количество дней на выполнение проектных работ составляет 34 дня. Затраты на проектирование согласно сметным расчетам составили 2304772,05 руб. в ценах на первый квартал 2019 г. Затраты на подготовку проекта составят – 1325 руб., согласно средним ценам по г. Томску.

7 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа направлена на изучение инженерно-геологических условий (ИГУ) территории, выбранной для разработки песка, залегающего в озере без названия, гидромеханизированным способом. Песок является строительным материалом для обустройства месторождения и создания инфраструктуры, необходимой для его эксплуатации

Проект ВКР содержит информацию об ИГУ южной части территории Тагульского нефтяного месторождения, расположенного на северо-западе Туруханского района Красноярского края, для получения которой, был проведен ряд работ: сбор, обработка, систематизация результатов полевых и лабораторных работ инженерных изысканий.

Выполнение данной работы является необходимым этапом разработки месторождения, на основании чего следует, что основными пользователями и заинтересованными лицами данного проекта являются маркшейдеры и инженеры-проектировщики карьерной выработки.

Реализация данного проекта включает в себя получение данных полевых и лабораторных исследований, что делает необходимым рассмотрение в разделе «Социальная ответственность» вопросов соблюдения прав персонала на труд, выполнения требований безопасности и гигиены труда, так же промышленной безопасности, охраны окружающей среды и ресурсосбережения.

По результату проведения расчета коэффициента устойчивости борта карьера можно принять верные проектные решения, оценить степень изменения водного объекта. Так же это позволит рационально произвести рекультивацию, что объясняет актуальность выполнения данной работы.

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Обеспечение безопасности, в период трудовой деятельности граждан Российской Федерации регламентируется различными нормативно-правовыми документами.

Специальные (характерным для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства регламентируются следующим рядом нормативной документации:

1 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019);

2 «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых», утверждены приказом №599 Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.12.2013г (с изменениями на 21.11. 2018 года);

3 ПОТ 00030171-10 «Правила по охране труда при добыче песчано-гравийных материалах и обслуживании специальных механизмов и устройств на добывающих снарядах»;

4 ПБ 08-37-93 (Изменения и дополнения к «Правила безопасности при геологоразведочных работах»);

5 РД 39-090-91 (Инструкция по безопасному ведению лабораторных инженерно-геологических работ);

Данный ряд документов касается обеспечения безопасной трудовой деятельности, в основном направлен на нормирование рабочего времени, соблюдении необходимых требований, обеспечивающих безопасность проведение работ.

Весь выполняемый труд должен производиться согласно правилам, инструкциям и планам мероприятий полевой группы. Лабораторные работы выполняются аналогично – с четким соблюдением нормативных документов.

Перед началом работ необходимо проведение вводного инструктажа, где работником отдела охраны труда и промышленной безопасности

рассказываются правила техники безопасности и условия проведения изыскательских работ в полевых условиях. Так же необходимо производить инструктаж по пожарной безопасности.

По результату проведения инструктажей собирается специальная комиссия, которая должна проверить знания работников перед выездом на работы, подтверждение заверяется специальным актом.

Перевозка участников полевых работ к месту расположения объекта должна производиться, как правило, на транспортных средствах, специально предназначенных для этой цели. При работе в охранных зонах: линий ЛЭП, трубопроводов и др. производство работ согласовываются с организациями, эксплуатирующими соответствующие объекты, и осуществляется по специальному наряду-допуску.

При производстве работ необходимо иметь средства индивидуальной защиты, которые выбираются с учетом характера производства процесса и условий труда согласно ГОСТ 12.4.011-89 [54]

7.2 Производственная безопасность

Для идентификации и последующего анализа вредных и опасных факторов, которые могут возникать при проведении полевых работ, исследований в лаборатории, а так же при подготовке отчетной документации был использован ГОСТ 12.0.003-2015 [55]. Результаты отображены в таблице 30

Таблица 30 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Камеральный	Полевой	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений; Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

Продолжение таблицы 30

2.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	-	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий; ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений
3.Физические перегрузки организма работающего	+	+	ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности; "Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых", утверждены приказом №599 Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.12.2013г
4. Нервно-психические перегрузки	+	+	СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003; ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
5. Пожароопасность	+	+	ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования; СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N 1); СП 112.13330.2011 Пожарная безопасность зданий и сооружений. СНиП 21-01-97.
6. Повреждения от контакта с насекомыми	-	+	ГОСТ 27574/5-87 Костюмы для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Технические условия;

7.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

В таблице 30 перечислены выделенные автором возможные опасные и вредные факторы. Далее приведен краткий анализ каждого из них.

1. Отклонение показателей микроклимата

Переохлаждение целого тела или его частей приводит к дискомфорту, нарушению сенсорной и нервно-мышечной функции и, в конечном счете, обмороживанию. В результате дискомфорта от переохлаждения обостряется

поведенческая реакция организма, сокращающая или полностью устраняющая последствия такого переохлаждения.

Отклонение показателей микроклимата характеризуется для полевых условий работы температурой атмосферного воздуха, которое непосредственно оказывает охлаждающее/нагревающее воздействие на организм и определяет рабочую одежду. Территория проведения полевого этапа работ расположена за Северным полярным кругом, что формирует достаточно низкие температуры в зимний период времени. Особенности орографического положения способствуют достаточно большому количеству осадков и наличию сильного ветра. Согласно приведенной в Р 2.2.2006-05 [57] классификации труда полевой этап геологических изысканий относится к IIб категории, на основании чего, нижние пределы температур, количество перерывов на обогрев регламентируется таблицей 9 из [9] (табл. 31).

Таблица 31 – Классы условий труда по показателю температуры воздуха, °С

Классы условий труда по показателю температуры воздуха, °С (нижняя граница), для
открытых
территорий в зимний период года применительно к категории работ Ia-IIб

Климатический регион (пояс)	Класс условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный (экстремальный)
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
1	2	3	4	5	6	7
IA (особый)	$\frac{-19,3}{-20,8}$	$\frac{-21,0}{-24,3}$	$\frac{-24,4}{-28,6}$	$\frac{-26,9}{-31,5}$	$\frac{-30,2}{-36,0}$	$\frac{< -30,2}{< -36,0}$
IB (IV)	$\frac{-35,6}{-37,5}$	$\frac{-37,8}{-42,0}$	$\frac{-41,8}{-47,0}$	$\frac{-44,7}{-50,7}$	$\frac{-48,9}{-56,0}$	$\frac{< -48,9}{< -56,0}$
II (III)	$\frac{-12,4}{-13,7}$	$\frac{-14,0}{-16,8}$	$\frac{-17,0}{-20,6}$	$\frac{-19,3}{-23,5}$	$\frac{-22,6}{-27,5}$	$\frac{< -22,6}{< -27,5}$
III (II)	$\frac{-4,5}{-5,5}$	$\frac{-5,9}{-8,1}$	$\frac{-8,4}{-11,4}$	$\frac{-11,0}{-14,0}$	$\frac{-13,6}{-17,6}$	$\frac{< -13,6}{< -17,6}$
В числителе - температура воздуха при отсутствии регламентированных перерывов на обогрев; в знаменателе - при регламентированных перерывах на обогрев (не более чем через 2 часа пребывания на открытой территории).						

Для камеральной обработки, категории Іб – работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/час, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением, проводимой в помещении, микроклимат так же нормируется согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [56]. Температурные нормы приведены в табл. 32. В течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах параметры не должны выходить за пределы указанных значений, указанных в таблице.

Таблица 32 - Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне

Сезон года	Категория работ	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/сек
Холодный	Іб	21 - 23	60-40	0,2
Теплый	Іб	22 - 24	60-40	0,3

2. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Рабочее место при камеральных работах, как правило, должно иметь достаточное освещение. Неудовлетворительная освещенность в помещении, пульсации ламп, которые незаметны невооруженному глазу, через несколько лет могут привести к различным заболеваниям органов зрения и ухудшению психического здоровья. Не только наше зрение, но и весь человеческий организм остро реагирует на дискомфортный свет. Это проявляется в усталости, сонливости, частых головных болях, повышении артериального давления, и как результат – снижается работоспособность.

Искусственное освещение обеспечивается электрическими источниками света и применяется для работы в темное время суток, а днем при недостаточном естественном освещении. Источниками света при искусственном освещении являются газоразрядные лампы низкого и высокого давления и лампы накаливания.

Нормирование освещенности производится в соответствии с межотраслевыми нормами и правилами [58]. Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютерное оборудование, следующие: при

выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300лк, а комбинированная – 750лк; аналогичные требования при выполнении работ средней точности - 200 и 300лк соответственно. Рекомендуемая освещённость для работы с экраном дисплея составляет 200 лк, а при работе с экраном в сочетании с работой над документами - 400 лк [59] .

Таблица 33 – Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения*

Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное		Совмещенное		Искусственное				
	КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещенность, лк			Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кп, % не более
	при верхнем или комбинированном	при боковом	при верхнем или комбинированном	при боковом	при комбинированном		при общем		
					всего	от общего			
Горизонт.- 0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400	15	10
Экран дисплея: Вертик.- 1	-	-	-	-	-	-	200	-	-

*Примечание: для кабинета информатики и вычислительной техники; Прочерки в таблице означают отсутствие предъявляемых требований.

3. Физические перегрузки организма

Физические перегрузки, согласно определению [55] представляют собой труд, связанный с перемещением материалов и т.п. на расстояния. Данные нагрузки во время полевого этапа выполнения изысканий представляют собой перенос необходимого оборудования, отобранных проб на достаточно большие расстояния.

Занятость тяжелым трудом приводит к хроническому профессиональному заболеванию опорно-двигательного аппарата работников. Среди всех выявляемых профессиональных заболеваний, такие случаи составляют 10-12%.

Физические перезагрузки для полевого и камерального этапов различны. Так для камерального этапа характерна статическая нагрузка, которая представляет собой долгое пребывание в сидячем положении.

Для полевого этапа характерно большое количество передвижений, сопровождаемое так же дополнительными весовыми нагрузками (пробы, инструмент и т.д.)

4. Нервно-психические перегрузки

Эмоциональные напряжения вызывают изменения функционального состояния центральной нервной системы. Данный фактор имеет место при работе по напряженному графику, риск для собственной жизни и здоровья (усугубляет ситуацию необходимость выполнения работ при дефиците времени).

Психофизиологические условия труда определяются также рабочей обстановкой, взаимоотношениями в трудовом коллективе, уровнем обслуживания, соответствием выполняемой работы способностям и склонностям работающего, общественной престижностью работы и т.п.

5. Пожароопасность

Источниками возгорания в условиях камеральной обработки данных могут быть электрические схемы от ПЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционирования воздуха, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать возгорание горючих материалов. Для отвода избыточной теплоты в ПК существуют системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Пожарная безопасность в помещении регламентируется СП 112.13330.2011. Помещение для работы по пожарной и взрывной опасности относятся к категории Г (умеренная пожароопасность) [63].

Для полевого этапа работ пожароопасность представляют разведённые костры, переносные газовые плитки, горелки, отопительные приборы, применяемые в вахтовках (палатках). Так же при использовании дизельных

электростанций. Особое значение имеют возможные лесные пожары (летний период работ).

6. Повреждения от контакта с насекомыми

В тёплое время года наибольшую опасность для человека представляют клещи и летающие кровососущие насекомые (комары, мошки), которые наносят многочисленные укусы на открытые, не защищённые участки кожи и забираясь под одежду, создавая тем самым серьёзные помехи при работе, а также вред здоровью.

Лица, выполняющие изыскательские полевые работы, обязательно должны быть привиты от клещевого вирусного энцефалита – вакцинопрофилактику проводят согласно календарю прививок, с ревакцинацией раз в три года [66]. Профилактика клещевого энцефалита в соответствии с медицинскими показаниями и противопоказаниями и в соответствии с Национальным календарем прививок по эпидемическим показаниям Приказа Минздрава России от 21.03.2014 N 125н «Об утверждении национального календаря профилактических прививок и календаря профилактических прививок по эпидемическим показаниям» (ред. от 19.02.2019).

7.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

1. Отклонение показателей микроклимата при проведении работ.

При выполнении работ на открытой площадке специалисты должны быть обеспечены спецодеждой, так в теплое время года рекомендуется использовать защитный от укусов насекомых костюм, состоящий из 100% хлопка с водоотталкивающей отделкой. Для профилактики обморожений работники должны быть обеспечены специализированной одеждой для низких температур, которая должна соответствовать всем требованиям, подходить по размеру и не сковывать движения - спецодежда с теплозащитными свойствами согласно ГОСТ 27574-87, ГОСТ 27575-87.

Непрерывно соблюдение рационального режима труда и отдыха путем сокращения рабочего времени для введения перерывов с целью обогрева.

Для поддержания оптимальных значений микроклимата используется система отопления (холодный период) и кондиционирования (теплый период) воздуха, для повышения влажности воздуха в помещении следует применять увлажнители воздуха, соблюдать режим проветривания помещения во время перерывов.

1. Недостаточная освещенность рабочей зоны

В помещении используются люминесцентные лампы общего освещения, на столах применяются светильники - показатели освещенности находятся в норме. Для поддержания нормативных значений освещенности в помещениях следует проводить чистку стекол оконных проемов и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

2. Физические перегрузки организма

Профилактика предусматривает изменение рабочей позы в процессе работы, проведение производственной гимнастики с рациональным комплексом физических упражнений, направленных на работу максимального количества мышц с целью ускорения кровотока и насыщению тканей конечностей кислородом. К профилактике перегрузок полевого этапа следует отнести соблюдение режима работы и отдыха, так же правил безопасного перемещения и поднятия тяжестей с целью равномерной нагрузки на спину, руки и ноги для избегания травм поясничного отдела и коленных суставов.

3. Нервно-психические перегрузки

Правильное и целесообразное составление календарного плана работ, обеспечение оборудованием в достаточном количестве и полной комплектации штата позволит снизить нервно-психические перегрузки и снизить количество стрессовых ситуаций.

4. Пожароопасность

Пожарная безопасность в помещениях обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

Основные средства пожаротушения электроустановок под напряжением являются хладоны, порошки, диоксид углерода. Пожарный датчик, расположенный в помещении, реагирует на появление дыма (дымовой извещатель).

В случае возникновения пожара в полевых условиях группа должна следовать инструкциям и рекомендациям, выданным в процессе прохождения инструктажа по пожарной безопасности.

5. Повреждения от контакта с насекомыми.

Мероприятия по борьбе с гнусом представляют собой выдачу дополнительной спецодежды (энцефалитный костюм) [65]. Использование репеллентов, накидок, пропитанных репеллентами.

7.3 Экологическая безопасность

Воздействие на окружающую среду будет оказываться на этапе получения геологической информации (полевой этап ИГ изысканий), а также после создания проекта карьера и начала его разработки.

3.1 Воздействие на атмосферу.

Эксплуатация специализированной техники сопровождается загрязнением атмосферы продуктами неполного сгорания топлива. В состав отработанных газов входят оксиды углерода и азота, сажа, диоксид серы, а также керосин. Выброс загрязняющих веществ зависит от количества спецтехники, мощности ДВС и грузоподъемности. При заправке спецтехники в атмосферу поступают выбросы углеводородов $C_{12}-C_{19}$ и сероводород. Люк бака и выхлопные трубы спецтехники являются организованными источниками выбросов ЗВ в атмосферу.

Для снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха в период проведения геологоразведочных работ необходима организация контроля состава выхлопных газов буровой и иной необходимой техники и механизмов. При этом не допускается выход на объект механических транспортных средств, содержащих в выхлопах большую концентрацию вредных веществ, чем регламентировано требованиями ГОСТ 17.2.3.02–2014 Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями. Так же необходимо исключать нерациональное использование техники, т.е. работу двигателя без необходимости.

3.2 Воздействие на гидросферу.

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения используется привозная бутилированная вода.

Для защиты поверхностных водных объектов от негативного антропогенного воздействия планируется следующие мероприятия: сбор и последующий вывоз сточных вод от хозяйственного и бытового потребления; формирование обваловки по периметру территории хранения ГСМ.

3.3 Воздействие на литосферу.

Воздействие на почвы и грунты происходит в результате изъятия земельных участков в краткосрочную аренду. Непосредственное воздействие на почвенный покров происходит при движении спецтехники. При выполнении буровых работ так же происходит воздействие на литосферу.

Для защиты литосферы необходимо использование спецтехники на подвижном механизме гусеничного типа. После проведения буровых работ обязательна к проведению ликвидация горных выработок путем засыпания выбуренным грунтом.

В целом, в результате проведения разведочных работ необходимо проводить мероприятия, направленные на уменьшение воздействия человека на геологическую среду. Ниже приведён список желательных к проведению мероприятий.

1. Технические и бытовые отходы необходимо складировать в специальные контейнеры и вывозить на специально оборудованные свалки согласно требованиям [55].

2. Топливо хранить в закрытой герметичной таре, заправка осуществлять по шлангу насосом, что исключало попадание топлива в почву.

3. Бытовые помещения располагать не ближе 50 м от берегов рек или озёр, склад ГСМ – не ближе 150 м.

На основании вышеизложенного можно сделать заключение, что при условии тщательного соблюдения принятых решений по охране геосфер, за счет применения современной техники и технологии, реальный экологический риск будет минимизирован. Проведение геологоразведочных работ не вызовет существенных отрицательных экологических последствий.

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Работники должны быть подготовлены к проведению работ таким образом, чтобы возникновение аварий, стихийных бедствий не вызвало замешательства и трагических последствий.

В условиях рабочего помещения при работе на ПЭВМ возможно возникновение пожара и поражение электрическим током, при мониторинге возможны несчастные случаи.

В полевых условиях работы чрезвычайные ситуации можно разделить на природные и вызванные по причине нарушением персоналом техники безопасности.

О несчастном случае пострадавший или очевидец обязан немедленно поставить в известность начальника, который должен организовать первую помощь пострадавшему и вызвать врача. Рабочий персонал должен быть подготовлен к оказанию первой медицинской помощи и иметь все необходимое для ее оказания, согласно принятой на фирме инструкции по безопасности, чтобы избежать замешательства и трагических последствий.

Для камерального этапа характерными чрезвычайными ситуациями могут стать:

- Поражение электрическим током, когда одним из ключевых моментов при оказании первой помощи является немедленное выключение электрического тока, через поворот рубильника, выключателя, пробки. Далее необходимо отвести электрические провода от пострадавшего, вызвать скорую помощь;

- Пожарная безопасность, которая в здании должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями [54] Здания должны иметь системы пожарной безопасности, направленные на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара, в том числе их вторичных проявлений. Также в зданиях необходимо предусмотреть технические средства (лестничные клетки, противопожарные стены, лифты, наружные пожарные лестницы, аварийные люки и т.п.), имеющие устойчивость при пожаре и огнестойкость конструкций не менее времени, необходимого для спасения людей при пожаре, и расчетного времени тушения пожара.

Так же можно выделить возможность возникновения ЧС природного характера в регионе проведения работ, к которым относятся низкие температуры воздуха, порывистый сильный ветер и. т.д., действия в которых регламентируются рекомендациями МЧС РФ.

Для полевого этапа работ к характерным ЧС можно отнести:

- Пожар, вызванный как самой партией, так и возникший в результате грозового явления.

- Природные катаклизмы: штормовой ветер, грозовой фронт, экстремально низкие/высокие температуры и т.д.

- Повреждения, полученные в результате нарушения техники безопасности при проведении работ и использовании спецтехники. Требования по технике безопасности геологоразведочных работ содержатся в Правила безопасности утверждённых приказом №599 [52] и в ПБ 08-37-93.

Выводы по разделу

В рамках выполнения данного раздела ВКР составлено обоснование мероприятий по техносферной и экологической безопасности, возможных

ЧС при выполнении комплекса работ по изучению горно-геологических условий района.

Рассмотрены возможные негативные факторы, влияющие на здоровье работников, принимающих участие в проведении работ на различных её этапах (полевой, камеральный). Так же предложены меры по снижению негативного воздействия, способы защиты от них.

Так же проведена оценка возможных негативных воздействий на ОС, предложены меры по снижению выделенных видов воздействия через соблюдение предложенных рекомендаций. Соблюдение предложенного ряда рекомендаций приведёт к защите ОС, но и позволит избежать наложение штрафных санкций за нарушение природоохранного законодательства.

Заключение

В процессе написания данной магистерской диссертации автором были изучены и проанализированы научные работы и производственный отчет о результатах инженерных изысканий, проведенных на изучаемой территории. Выявлена проблема недостаточного внимания, оказываемого оценке горно-геологических условий, расчета коэффициента устойчивости бортов карьерных выработок при разных состояниях грунта, что имеет большое значение для проектирования, разработки и рекультивации горной выработки.

Изучено и охарактеризовано физико-географическое положение района месторождения, располагаемого в северо-восточной части Западно-Сибирской равнины на территории Красноярского края. Месторождение представляет собой таликовую залежь мелкого водонасыщенного песка, расположенную под сточным озером без названия.

Определена категория сложности месторождения, которая согласно требованиям СП 11-109-98 относится ко II (средней) группе сложности.

Рассчитаны коэффициент устойчивости борта карьера, при условии оттаивания грунтов и изменения уровня воды в озере. По результатам которых, было отмечено, что наибольшая устойчивость борта карьера характерна для мерзлого состояния грунтов, чему способствует высокое значения сцепления грунта за счет включения в кристаллическую структуру льда. В процессе оттаивания, разрушения удерживающей структуры льда, происходит ослабление сцепления, увеличения поверхности скольжения, что приводит к уменьшению коэффициента устойчивости на 20%. Так же, было рассмотрено влияние уровня воды в озере, изменяемое в течение года. Так, для талого состояния грунта было рассмотрено изменение коэффициента устойчивости при расчетном максимальном поднятии воды в весенне-летний период. Отмечено, что поднятие воды приводит к изменению переходу всех выделенных ИГЭ в состояние полного водонасыщения и снижению коэффициента устойчивости относительно талого состояния на 10%.

Рассчитано количественное значение и длина распространения дополнительной мутности, возникающей в процессе отработки месторождения, в вытекающем из озера ручье без названия. Всего, за время отработки месторождения, которое составит 176,5 суток, в ручей без названия попадет 317,53 т грунта различных фракций, самая мелкая из которых 0,1-0,05 мм в диаметре осядет через 287,12 м от истока ручья.

На основании анализа условий расположения месторождения и расчета возможных изменений по окончании отработки предложено проведение рекультивационных работ, направленных на возможность дальнейшего использования озера без названия как водного объекта рыбохозяйственного назначения или водоема для технических нужд Тагульского нефтегазового месторождения.

Таким образом, на основании полученных количественных характеристик отмечается существенное изменение коэффициента устойчивости при оттаивании грунтов, а так же его изменение в результате изменения уровня воды в водоеме, что доказывает необходимость учета рассмотренных нами факторов при проведении расчетов на этапе проектирования карьеров.

Список публикаций автора

Берлизева А.Д. Пространственная изменчивость химического состава
р. Лена // труды XXII Международного студентов и молодых ученых
симпозиума имени академика М.А. Усова. Изд-во ТПУ, 2018 г

Список используемой литературы и источников

1. Сузунское и Тагульское месторождения [Электронный ресурс]
URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/mestorozhdeniya/141920-suzunskoe-i-tagulskoe-mestorozhdeniya/> (дата обращения 26.02.2019);
2. Козырев А. А., Семенова И. Э., Рыбин В. В. Исследование напряженно-деформированного состояния массива пород численными методами на основе данных натурных измерений в окрестности крупной карьерной выемки // Горный журнал, 2011. – № 9. – С. 45-50;
3. Рыбин В.В. Применение сейсмотомографических исследований для геомеханического мониторинга участка борта карьера // Информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2011. – №1. – С. 31-34;
4. Цирель С.В. Особенности развития техногенной сейсмической активности и ее влияние на устойчивость бортов карьеров / С.В.Цирель, А.А.Павлович // Экология и жизнь: Сб. статей XVIII Международной научно-практической конференции. Пенза: Приволжский дом знаний, 2000. – С.142-144;
5. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов, уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. – Л.:ВНИМИ Госгортехнадзор СССР, 1972. – 160 с.
6. Корзун О. А., Лакин Д. А. Перспективы развития горных работ на Терентьевском песчано-гравийном месторождении (Красноярский край) // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2010. – №3. – С. 4-7;
7. Ившин С.Ю. Мониторинг русловых процессов Р. Камы на участке месторождения песчано-гравийного сырья «Гольяновское» // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле», 2010. – №2. – С 70-82;
8. СТО ГГИ 52.08.31-2011 Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по

проектированию и эксплуатации русловых карьеров. - СПб.: Изд-во «Глобус», 2012. - 140 с.

9. Tom L. McKnight, Darrel Hess. Climate Zones and Types: The Köppen System // Physical Geography: A Landscape Appreciation. – Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall, 2000. – P. 200–201;

10. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями N 1, 2). М.: ИПК Изд-во стандартов, 2012. – 114 с.

11. Научно-прикладной справочник «Климат России» [Электронный ресурс] URL: <http://aisori.meteo.ru/Clspr>

12. Гидрометцентр России [Электронный ресурс] URL: <https://meteoinfo.ru>

13. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштб 1:100000 (новая серия). Лист Q-44,45 – Игарка. Объяснительная записка, Спб.: ВСЕГЕИ, 1998. – 263 с. 8 ил.;

14. Малышев Н.А., Поляков А.А., Колосков В.Н., Исаев А.В. Особенности геологического строения и перспективы нефтегазоносности малышевского резервуара на северо-востоке Западной Сибири // // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2013. – Т.8. – №4. – с. 15-22;

15. Исаев А. В., Кригин В. А., Карпухин С. М. Перспективы нефтегазоносности клиноформного комплекса Енисей-Хатангского регионального прогиба // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2016. – Т.10. – №3. – С.18-27.

16. Гидрогеология СССР. Том XVIII. Красноярский край, Тувинская АССР. – М.: Недра, 1972. – 479 с.

17. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2017 году». – Красноярск, 2018

18. СП 115.13330.2016 Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95 М.: ИПК Изд-во стандартов, 2015. – 57 с.

19. Государственный водный кадастр: Основные гидрол. характеристики (за 1971 - 1975 гг. и весь период наблюдений). - Л.: ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ, 1979 – 1980
20. Лезин В.А. Реки Ямало-Ненецкого автономного округа. Справочное пособие. – Тюмень: «Вектор Бук», 2000. – 140с.
21. Фотиев С. М., Данилова Н. С., Шевелева Н. С. Геокриологические условия Средней Сибири. - М.: Наука, 1974. - 148 с.
22. СП 11-109-98 Изыскания грунтовых строительных материалов. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 29 с.;
23. Ялтанец И.М. Технологич и комплексная механизация открытых горных работ. Часть 3. Гидромеханизированные и подводные горные работы: Учебник для ВУЗов. – М.: изд. «Мир горной книги», 2006. – Книга 1: Разработка пород гидромониторами и землесосными снарядами. – 546 с.
24. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация (с Поправками) М.: ИПК Изд-во стандартов, 2011. – 125 с.
25. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава М.: ИПК Изд-во стандартов, 2014. – 35 с.
26. РСН 51-84 Инженерные изыскания для строительства. Производство лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов М.: ИПК Изд-во стандартов, 1984. –56 с.
27. Инженерно-гидрометеорологические изыскания и гидрологические расчеты: учебное пособие / сост. О.Г. Савичев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – 239 с.
28. Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири / под ред. С.М.Новикова. – Санкт-Петербург: ВВМ, 2009. – 536 с.
29. СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.:ФГУП ЦПП, 2004. – 75 с.

30. СП 33.13330.2003 Расчет на прочность стальных трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 2.04.12-86 (с Изменением N 1) – М.:ФГУП ЦПП, 2003. – 128 с.
31. Лягина О.Н. Обеспечение устойчивости карьерных откосов в глинистых породах
32. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. – СПб., 1998. – 208 с.
33. Устойчивость бортов карьеров: учебно-методическое пособие с применением программного комплекса GeoStudio / С. Г. Оника [и др.]. – Минск: БНТУ, 2016. – 43 с.
34. Morgenstern, N.R., and Price, V.E. 1965.The analysis of the stability of general slip surfaces.Géotechnique, 15(1): 79-93.Morgenstern, N.R., and Price, V.E. 1967.
35. A numerical method for solving the equations of stability of general slip surfaces.Computer Journal, 9: 388-393.Zhu, D.Y., Lee, C.F., Qian, Q.H., and Chen, G.R. 2005.
36. A concise algorithm for computing the factor of safety using the Morgenstern-Price method.Canadian Geotechnical Journal, 42(1): 272-278.
37. Цытович Н.А. Механика мерзлых грунтов: учебное пособие. М.: Высш. шк., 1973. -448с., ил.
38. СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. – М.:ФГУП ЦПП, 2012. – 125 с.
39. ТМД 50-601-2004 Методика оценки характеристик морозоопасных свойств грунтов в строительстве. – СПб.: Правительство Санкт-Петербурга, 2005. – 15 с.
40. ВСН 486-86 Обеспечение охраны водной среды при производстве работ гидромеханизированным способом М.: ИПК Изд-во стандартов, 1987. – 18 с.
41. СТО ГГИ 52.08.31-2011 Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по

проектированию и эксплуатации русловых карьеров. СПб.: ФГБУ «ГТИ», 2011. – 139 с.

42. СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М.:ФГУП ЦПП, 2004. – 75 с.

43. ГОСТ 17.5.1.01-83 Охрана природы (ССОП). Рекультивация земель. Термины и определения М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 60 с.

44. Томаков П.И. Экология и охрана природы при открытых горных работах, МГГУ, 1994. – 418 с.

45. СП 407.1325800.2018 Земляные работы. Правила производства способом гидромеханизации. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2018 – 68 с

46. ГОСТ 17.5.3.04-83 Охрана природы (ССОП). Земли. Общие требования к рекультивации земель (с Изменением N 1) М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 60 с.

47. ГОСТ 17.1.2.04-77 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов М.: ИПК Изд-во стандартов, 1978. – 80 с

48. СП 38.13330.2018 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82 М.: ИПК Изд-во стандартов, 2018. – 126 с

49. ЕНВиР-И «Единые нормы времени и расценки на изыскательские работы». Часть II. Инженерно-геологические изыскания.

50. Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства / Госстрой России. – М.:ПНИИИС Госстроя России, 1999. – 144 с.

51. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)

52. «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых», утверждены приказом №599 Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.12.2013г (с изменениями на 21.11. 2018 года);

53. ПБ 08-37-93 Изменения и дополнения к «Правила безопасности при геологоразведочных работах»;
54. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
55. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы
56. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;
57. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
58. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение;
59. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий;
60. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений
61. ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности;
62. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования;
63. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N 1);
64. СП 112.13330.2011 Пожарная безопасность зданий и сооружений. СНиП 21-01-97.
65. ГОСТ 27574/5-87 Костюмы для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Технические условия;
66. СП 3.1.3.2352-08 Профилактика клещевого энцефалита.

67. ГОСТ Р 57740-2017 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Требования к приему, сортировке и упаковыванию опасных твердых коммунальных отходов;

Фондовая литература:

68. Технический проект «Гидронамывной карьер №2п, Туруханский район Красноярского края». – Нижневартовск, 2012. – 42 с.

69. Отчет о поисково-оценочных работах по объекту «Гидронамывной карьер №2п, Туруханский район Красноярского края». – Нижневартовск, 2012. – 184 с.

Приложение А
(справочное)

Analysis of prognostic models for open-pit mine deformations

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM71	Берлизева Александра Дмитриевна		1.12.17

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОГ, Доцент	Гусева Н.В.	к.г.-м.н.		

Консультант-лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Айкина Т. Ю.	к.филол.н.		

The large deformation of geomaterials often leads to catastrophic disasters, e.g., landslides, debris flows, and rock avalanches. Traditional numerical methods in the catalogue of mesh methods, such as Finite Element Method (FEM), Finite Difference Method (FDM), and Finite Volume Method (FVM), cannot address the large deformation problem in an effective way, thus several meshless methods have been developed to overcome this issue. Among these methods, the Smoothed Particle Hydrodynamics method has been widely used in simulation of flow-like landslides, flowing liquefied soils and dike failures. However, the computing time of SPH method is still great if one case has a lot of particles and inefficient algorithm will limit the application of SPH method in the multi-phase problem and the three-dimensional problem of geotechnical engineering.

Current researches on the parallelized SPH model were concentrated in the fluid dynamics and atomic/molecular dynamics, because it is easy to arrange the data and algorithm for the single-phase SPH method. With the rapidly increasing and various applications of SPH method in geotechnical engineering, the multi-phase analysis of engineering problems is essential to get more precise failure mechanism, thereby greatly increasing the particle number of SPH simulation. Therefore, it is urgent to improve the efficiency of SPH method and reduce the computing time. Although Fan and Li [1] have studied the explosion-induced fragmentation using a parallelized SPH model, the parallel implementation of water-soil-coupled SPH model in geotechnical engineering is still rarely found because of the high demand the data organization and programming skill. Hence, in order to improve the efficiency, this study proposed a SPH model considering the water-soil coupling and conducted its parallel implementation with the OpenMP framework. After that, the accuracy and efficiency of proposed SPH model have been carefully checked by generating the initial geostatic stress and conducting stability analysis under different groundwater conditions.

This study proposed a water-soil coupled SPH model based on the two-phase mixture theory, Drucker-Prager equation and quasi-compressible fluid dynamics, and conducted its parallel implementation with the OpenMP framework [2].

From simulations that generated the geostatic stress of a conceptual soil slope, the proposed SPH model produced fairly good distributions of vertical stress and horizontal stress. Furthermore, SPH simulations also reflected the effect of ground water on the stress distribution of soil slope.

For the stability analysis, SPH simulations obtained the distribution horizontal displacement under different reduction factors. Meanwhile, SPH simulations yielded the factor of safety and sliding area that were close to the FLAC analysis, which proves that the proposed SPH model can be used in the stability analysis of soil slope.

By comparing the horizontal displacement and the sliding area between slope without groundwater and slope with groundwater, the water-soil-coupled SPH model is able to reflect the effect of groundwater on the slope stability and to simulate the seepage of groundwater in slope.

Due to the heterogeneous nature of the geology and our inability to characterize them, an increasing number of researches has focused on the variability of soil properties and their effects on the slope stability (e.g. Ali et al., 2014, Cai et al., 2017c, Cai et al., 2017d, Cho, 2014, Griffiths et al., 2011, Gui et al., 2000).

On the other hand, precipitation and initial soil pore water pressure generally exhibit a high degree of temporal and spatial variability. For instance, it has been widely recognized that rainfall intensity is significantly higher on the escarpment relative to the coastal plain (Chowdhury and Flentje, 2002). In addition, rainfall processes are known to vary widely in time. That is, spatiotemporal variability is an intrinsic characteristic of climate (Paolini et al., 2005). Furthermore, the distribution of initial soil pore water pressures in the slope also varies spatially due to variability in prior rainfalls and heterogeneities of geology.

Minder et al. (2009) studied the impact of spatial rainfall heterogeneity on landslide susceptibility based on a numerical model and pointed out that the heterogeneous rainfall decreased slope stability. Von Ruette et al. (2014) investigated the effects of rainfall variability and initial soil hydraulic conditions on the statistics of locations, the numbers, and the released volumes of landslides

at a catchment. They suggested that fewer landslides were triggered under dry initial soil conditions than the wet conditions, and rainfall heterogeneity may be an important missing link required for landslide prediction [3].

Since it is practically impossible to characterize the variability in initial soil pore water pressure and rainfalls in detail, uncertainties in the evaluation of slope stability exist. For this reason, these variabilities deserve particular attention. The understanding of these variabilities and their effects on slope stability is still relatively limited at present. For instance, in most studies, rainfall data is obtained via spatially and temporally averaging approaches or interpolation using sparse rain gauge measurements or coarse rainfall radar information over large areas (von Ruetten et al., 2014). The initial soil pore water pressure is frequently assumed to be spatially invariant (e.g., Cho, 2014) or to be those obtained by steady-state simulations under antecedent rainfalls (e.g., Cai et al., 2017b). In these approaches, the initial soil pore water pressure and rainfall are considered as deterministic, and their uncertainties are ignored. The simplifications lead to inaccurate predictions of landslides, which hamper mitigation procedures [3].

During this rainfall-infiltration process in a slope, the effect of spatial variability in initial soil pore water pressure and soil properties, and temporal varying rainfall on the slope stability evolves with time and space. As a result, it becomes important to know where and when the potential slip surfaces have relatively large uncertainties of their stabilities and whether these uncertainties are significant enough to impact the slope stability.

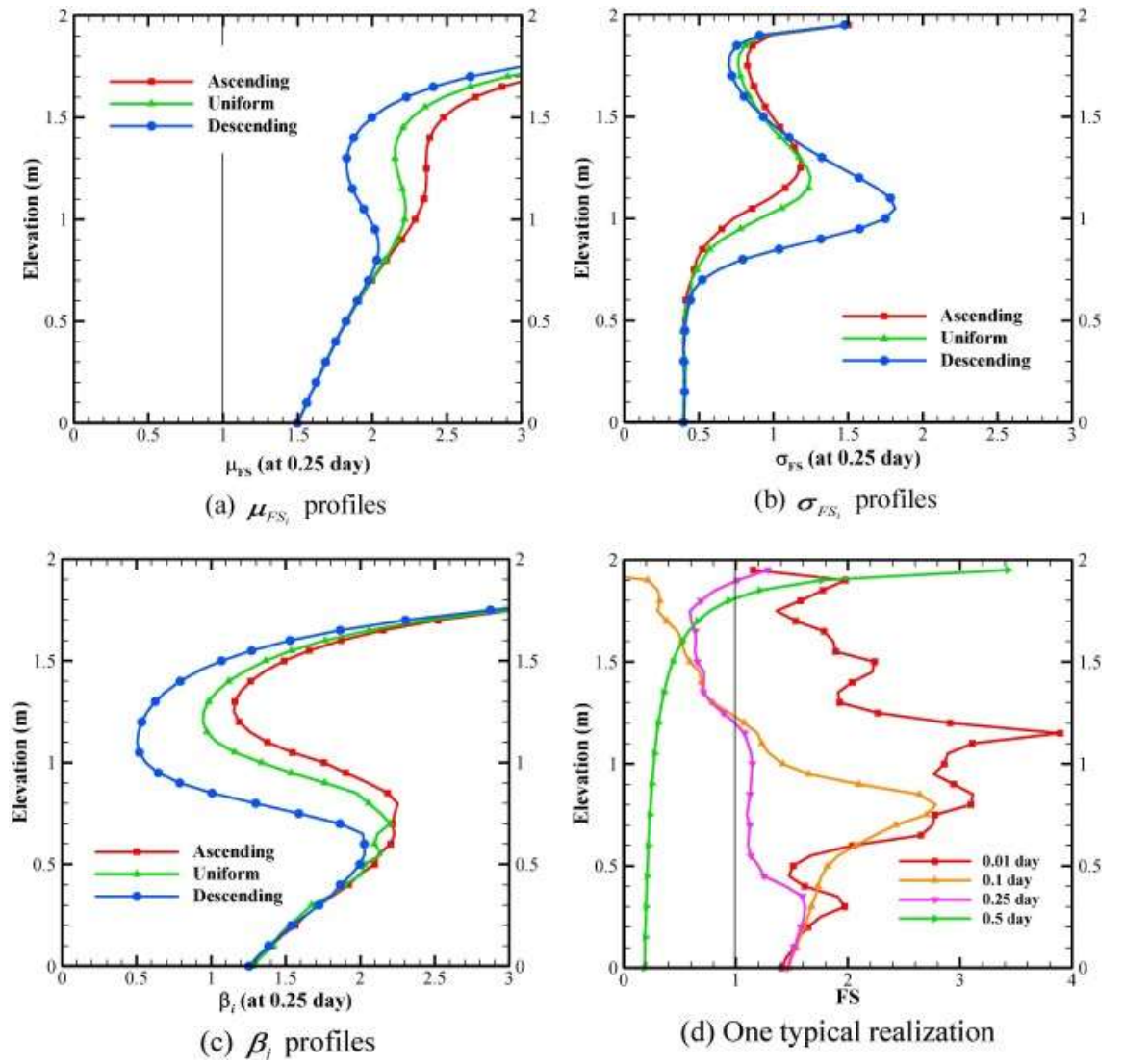


Figure 1– μ_{FS_i} , σ_{FS_i} and β_i at different potential slip surfaces at the selected time (0.25 day) under different rainfall patterns [3].

The rainfall pattern can significantly affect the distribution of the slope stability uncertainty. Both the propagation depth of and the maximum value of the localized large-uncertainty zone corresponding to the descending rainfall are the largest among the three rainfall patterns at a given time. The reliability index profiles in fig. 1C demonstrate that the descending rainfall pattern destabilizes slopes the most with the minimum value of the localized low-reliability zone. One typical realization generated with abovementioned statistics under the descending rainfall pattern is illustrated in fig. 1D. These results are likely owing to the fact that the descending rainfall with large rainfall intensities at early time enhances infiltration and leads great uncertainties.

This study demonstrates that the propagation of slope stability uncertainty is driven by the propagation of the mean flow field during the rainfall infiltration process. A localized large-uncertainty zone along the slope stability profile could form and lead to the existence of a localized low-reliability zone. Further, it demonstrates that the build-up of the localized large-uncertainty zone or the localized low-reliability zone is greatly influenced by the prior knowledge of the mean of initial pore water pressure, rainfall intensity, the rainfall duration, and the rainfall pattern [4]. The climate of a region dictates typical ranges of the soil moistures and rainfall intensity and rainfall duration during a specific season. Compiling historical records of spatial distribution of soil moistures and temporal variation of rainfalls at the region can field the general statistical description of initial hydraulic conditions and rainfalls. This information could facilitate better evaluation of slope stability during any possible rainfall events.

Since the 1950s, many scientists and engineers have realized the significance of slope stability evaluation. Then, a series of classical slope stability analysis methods were proposed to avoid the risk of landslides by methods including the Limit Equilibrium Method [5], and the Limit Analysis Method [6]. Improving the classical methods, researchers can also take disaster-inducing factors such as rainfall and overload into consideration in the safety evaluation of slope [7]. However, all these methods are static analysis methods and can be only used in the design stage of practical engineering [8], [9].

This article «Slope stability analysis based on real-time displacement measurements» proposes an effective and convenient method to analyze slope stability in real time using FBG sensors. Firstly, an FBG inclinometer capable of temperature self-compensation was designed, and the Central Difference Method (CDM) was selected as an optimum algorithm that transforms the measured strain into. Finally, a slope stability analysis method was used to determine the slip surface; the method is initially based on FBG sensor monitoring, and then the integral method was used to estimate the safety factor. Based on this study, a homogeneous soil slope model was constructed to verify the feasibility and reliability of the FBG real-time monitoring and analysis method. With the

experimental results, the advantages and disadvantages of FBG sensors and PIV technology are discussed [10].

The most common method to analyze slope stability is Limit equilibrium method. The method has many merits that no needs to be explained in details further. However, the safety factor of the Limit Equilibrium Theory has a gap with real values, primarily due to the assumption of the slip surface. If the potential slip surface of the slope can be measured in real time, it is possible to obtain more accurate and real-time safety factors by the Limit Equilibrium Method [10].

The slope model was constructed in a transparent Plexiglas case, with the model dimensions presented in Fig.2 (a) and (b).The geometric scaling factor was chosen as 1:10 for the model test. The slope was constructed by the stratified compaction. When filled gradually, 15 kg of soil and 0.179 kg of water were mixed in a blender at every step to reach the optimum water content (19,50 %). Then, the prepared soil was compacted to 3 cm thickness in the box. During construction, soil layers were compacted equally, and the water content was maintained in a range of 18.40% to 19.50%. The preparation procedure of PIV and the FBG monitoring system is presented below [10].

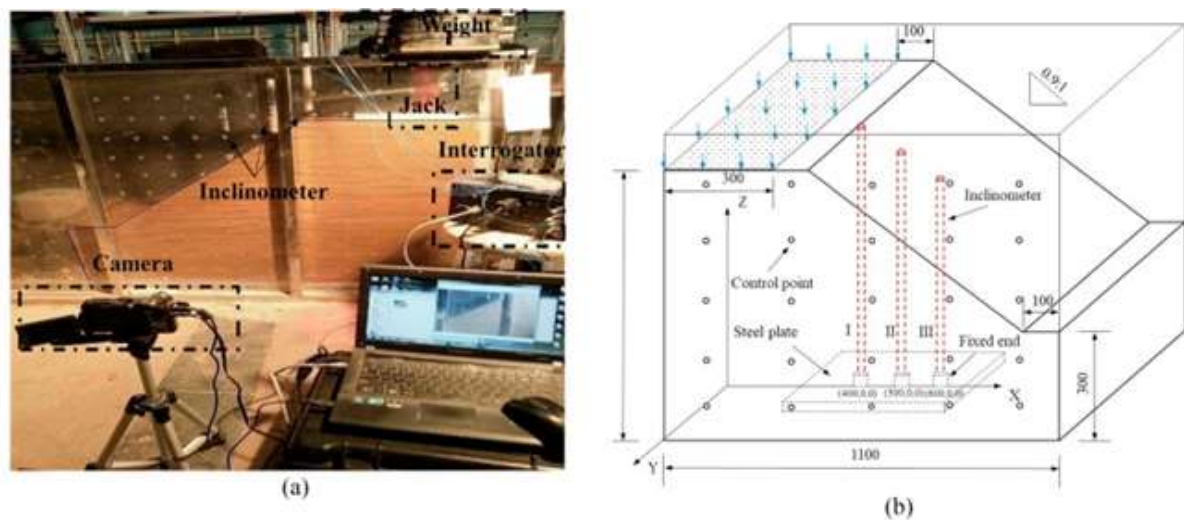


Figure 2 – Photograph of the indoor model test, and (b) the dimensions of the model slope (unit: mm).

With the known precise coordinates, the control points were pasted on the surface of the slope model to the convert pixel displacement to the actual

displacement of the slope. Monitoring data from the PIV and FBG was measured at every 2 kPa increase. Displacement along the inclinometers was obtained by the central difference method, and temperature self-compensation was based on the monitoring data [10].

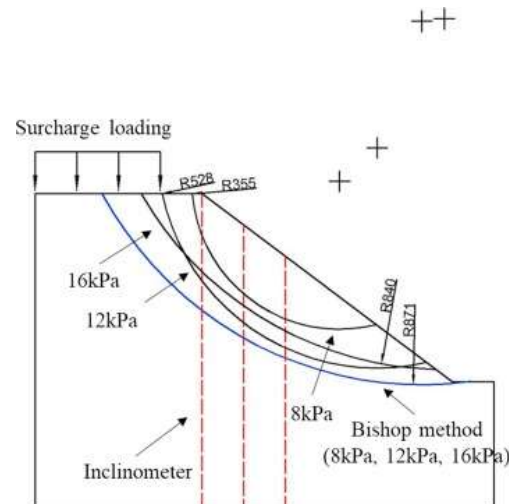


Figure 3 – Comparison of slip surface location with the two methods.

The central difference method has higher computing accuracy relative to the traditional integration method. When CDM is combined with the extrapolation method, the accuracy can be further improved. A novel method of slope stability analysis based on real-time slope displacement measurement. By using this approach, real-time monitoring can be achieved when combined with modern sensing technology (such as FBG sensing). The increase in the number of inclinometers can facilitate locating the potential slip surface by the least squares method, thereby improving the accuracy of the method.

This study shows that PIV technology has lower accuracy; however, it is more convenient and easy to use compared to the FBG sensing technique. The slope safety factor obtained by the slope stability analysis method has roughly the same value and change in trend as that calculated by the Bishop method. This proves that the safety factor obtained by the experiment is reasonable, and the slope stability analysis method based on real-time displacement measurement is viable [7].

An enormous number of studies have been done to identify the factors that affect the soil slope stability in cold regions (McRoberts and Morgenstern, 1974,

McRoberts and Morgenstern, 1974, Mackay, 1981, Goodrich, 1982, Burgess, 1993, Niu et al., 2005). McRoberts and Morgenstern (1974) investigated the failure mechanism of thaw-induced landslide slope failures observed in permafrost regions of Canada.

To date, an applicable stability assessment approach considering all the seasonal changes of water content, for soil slopes in cold regions has not been adopted in geotechnical practice. A stability assessment method which can consider the impact of seasonal changes like freeze-thaw action, snowmelt water infiltration etc. is of utmost importance and considered to be an immediate requirement for geotechnical practitioners, in order to properly predict the slope stability [11].

Srikrishnan Siva Subramaniana and others in their article «Stability assessment approach for soil slopes in seasonal cold regions» offered approach, which considers the soil water content changes of the slope influenced by seasonal changes. Two case studies of slope failures were analysed using the proposed approach.

For the analysis a frozen soil behaviour, many complex thermo-hydro-mechanical models (THM) were developed (Selvadurai et al., 1999, Li et al., 2000, Li et al., 2002, Li et al., 2008, Nishimura et al., 2009, Ishikawa et al., 2016). Selvadurai et al. (1999) developed a novel computational approach to study the discontinuous frost heave within a frozen soil region. Li et al. (2000) introduced a coupled heat-moisture-mechanical model for frozen soil and demonstrated the applicability for a foundation problem. Later, Nishimura et al. (2009) proposed a fully coupled THM model using finite element (FE) framework and developed a new critical-state elasto-plastic soil constitutive model to consider problems involving water-saturated frozen and unfrozen soils. Recently, Ishikawa et al. (2016) developed a coupled thermo-hydro-mechanical FE analysis method to analyse freeze-thaw of unsaturated soils. The robustness of the THM models discussed above is well proven for the prediction of soil behaviour influenced by frost-heave [11].

Based on the detailed studies performed, it has been found that the adopted slope stability assessment approach can be used for the design of slope structures along highways through performing pre-assessment of stability against anticipated climatic influences. Through the various parametric studies performed, the following conclusions can be drawn:

1 The freeze-thaw action has a considerable effect on soil water content distribution which in turn influences the stability of soil slope. It is important to consider the freeze-thaw action in estimating the soil water content distribution for the proper pre-judgement of slope stability.

2 The soil water content distribution inside the soil slope is seriously affected by the snowmelt water infiltration. Ignoring the amount of water derived from the snowmelt prevent from prediction the soil water content distribution of the slope precisely.

3 The weight of snow accumulated above the soil ground may reduce the slope stability considerably. The consideration of snow weight in the estimation of the factor of safety is essential if the snow during accumulation is not removed manually.

The stability assessment approach adopted in this study is found to be very useful in analysing the slope stability against anticipated climatic factors i.e. freeze-thaw action and snowmelt water infiltration. Based on the studies performed, it is strongly recommended that an assessment of the long-term stability of soil slopes considering the climatic effects will be helpful for the prevention and mitigation of such disasters [11].

Conclusion.

Based on analysis of the researches which are directed to create models and carrying out calculations of quarry slopes deformation, it is noted that this problem is relevant. Creation of mathematical models, development of new and improvement of already existing methods for calculations slopes deformations taken into account the greatest possible quantity of various factors, such as

geological, hydrogeological, and meteorological. Also, special attention in researches is paid to granulometric composition of the rocks composing a slope.

According to the conducted researches, many methods of calculations and modeling are approaching to 80% of compliance with natural conditions that speaks about a possibility of their application.

1. H. Fan, S. Li Parallel peridynamics–SPH simulation of explosion induced soil fragmentation by using OpenMP / Comput Particle. – Mech, 4 (2). – 2017. – pp. 199.

2. Weijie Zhangab, Hu Zhengc, Fuyu Jiangc and others Stability analysis of soil slope based on a water-soil-coupled and parallelized Smoothed Particle Hydrodynamics model / Computers and Geotechnics, Volume 108. – April 2019. – Pages 212-225;

3. Jing-Sen, CaiaTian ChyiJim, Yehbc ChuanYan and others Importance of variability in initial soil moisture and rainfalls on slope stability / Journal of Hydrology, Volume 571. – April 2019. – Pages 265-278;

4. J.-S. Cai, E.-C. Yan, T.-C.J. Yeh, Y.-Y. Zha, Y. Liang, S.-Y. Huang, W.-K. Wang, J.-C. Wen Effect of spatial variability of shear strength on reliability of infinite slopes using analytical approach / Comput. Geotech. – 81. – 2017. – pp. 77-86;

5. A.W. Bishop The use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes Géotechnique. – 5 (1955). – pp. 7-17;

6. W.F. Chen, N. Snitbhan on Slip Surface and Slope Stability Analysis Soils Found., 15 (1975), pp. 41-49;

7. R. Nazir, H. Moayedil Soil mass loss reduction during rainfalls by reinforcing the slopes with the surficial confinement Waset. Org. (2014), pp. 336-339;

8. Close H.F. Pei, S.Q. Zhang, L. Borana, B. Yuan Development of a preliminary slope stability calculation method based on internal horizontal displacements J. Mt. Sci., – 15 (2018). – pp. 1129-1136;

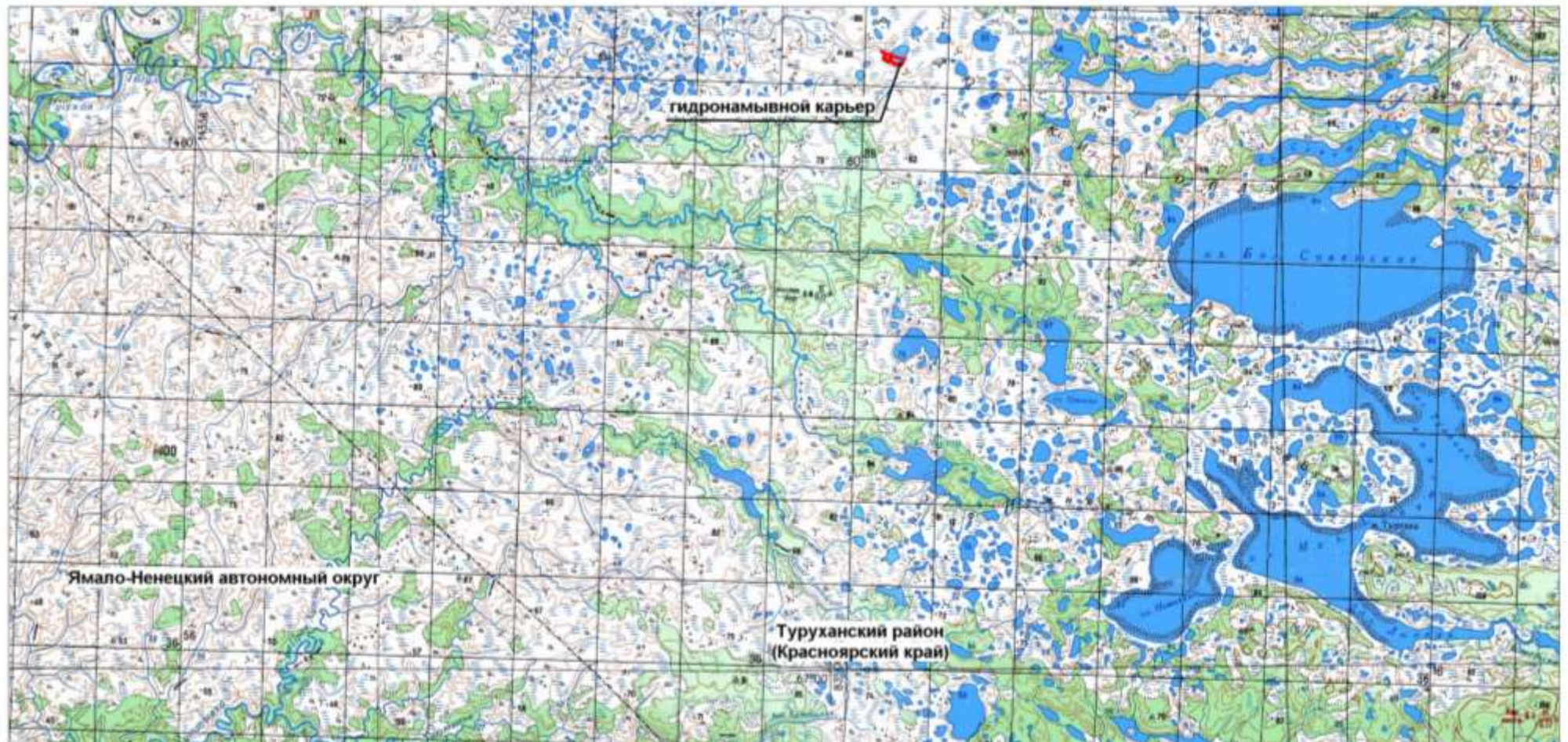
9. Close H. Moayedi, B.B.K. Huat, A. Asadi Strain absorption optimization of reinforcement in geosynthetic reinforced slope-experimental and FEM modeling Electron. J. Geotech. Eng., – 15 (2010). – pp. 1563-1569;

10. Huafu Peia, Siqi Zhangb, Lalit Borana and others Slope stability analysis based on real-time displacement measurements Measurement, Volume 131. – January 2019. – Pages 686-693;

11. Srikrishnan Siva, Tatsuya Ishikawab, Tetsuya Tokoro Stability assessment approach for soil slopes in seasonal cold regions / Engineering Geology, Volume 221. – 20 April 2017. – Pages 154-169.

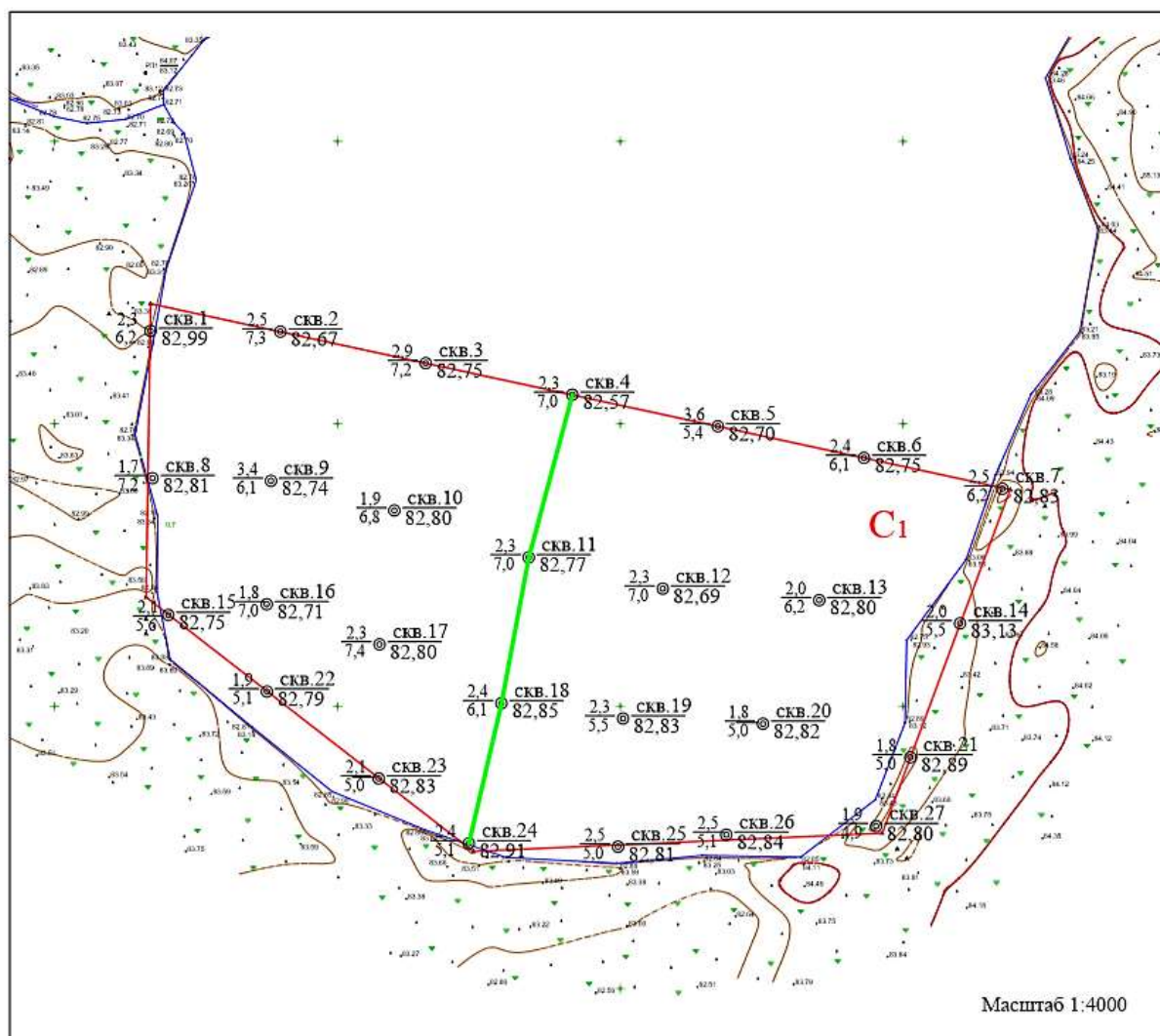
Приложение Б

Фрагмент топографической карты района исследования (Масштаб 1:200000)



Приложение В

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ СКВАЖИН



Условные обозначения:

C₁ Категория подсчета запасов

Граница подсчета запасов

$\frac{24}{82.91}$ номер скважины
абсолютная отметка устья

Границы карьерной выработки

Линия разреза I-I