

Инженерная школа природных ресурсов
 Специальность: 21.05.02 Прикладная геология
 Специализация: Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания
 Отделение геологии

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема проекта
Инженерно-геологические условия восточной части Селемджинского района и проект инженерно-геологических изысканий под реконструкцию мостового перехода на 3079км Дальневосточной железной дороги (Амурская область)

УДК: 624.131.3:625.1:624.21(571.61)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-215Б	Булашов Владимир Викторович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крамаренко В.В.	К.Г.-М.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселева Е. С	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

По разделу «Буровые работы»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Бондарчук И.Б.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код	Результат обучения*	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по специальности подготовки (универсальные)		
P1	Применять базовые и специальные математические, естественнонаучные, гуманитарные, социально-экономические и технические знания в междисциплинарном контексте для решения комплексных инженерных проблем в области прикладной геологии.	Требования ФГОС ВО (ОК-1, 3, 4, 6, 8, ОПК-5, 7, 8, ПК-1, 12, 14), СУОС ТПУ (УК 1,5), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, Критерий АВЕТ- 3 а, с, h, j)
P2	Использовать базовые и специальные знания проектного и финансового менеджмента, в том числе менеджмента рисков и изменений для управления комплексной инженерной деятельностью.	Требования ФГОС ВО (ОК-2, 5, 8, ОПК -3, 4, 5, 6, 9, ПК- 2, 5-11, 16-20, ПСК-1.1, 1.2, 1.4., 1.6, 2.5., 2.6, 3.5, 3.8., 3.9), СУОС ТПУ (УК- 2, 5) Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, Критерий АВЕТ-3е, k)
P3	Осуществлять эффективные коммуникации в профессиональной среде и обществе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности в области прикладной геологии.	Требования ФГОС ВО (ОК-3, 6, 8, ОПК-1, 2, 3, 4, 8, ПК-13, 16, ПСК-1.2), СУОС ТПУ (УК-3, 4, 6) Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, Критерий АВЕТ-3g)
P4	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных проблем.	Требования ФГОС ВО (ОК-3, ОПК-3, 5, 6, 7, ПК-2, 13, 14, 16, ПСК-1.2, 2.2, 3.6), СУОС ТПУ (УК-3, 5, 6) Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, Критерий АВЕТ-3d)
P5	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать нормам профессиональной этики и правилам ведения комплексной инженерной деятельности в области прикладной геологии.	Требования ФГОС ВО (ОК-3, ОПК-3, 5, 6, ПК-2, 13, 14, 16, ПСК-1.2, 2.2, 3.6.), СУОС ТПУ (УК- 5) Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, Критерий АВЕТ-3d)
P6	Вести комплексную инженерную деятельность с учетом социальных, правовых, экологических и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности, нести социальную ответственность за принимаемые решения, осознавать необходимость обеспечения	Требования ФГОС ВО (ОК-2, 4, 5, 9, 10; ОПК-3, 5, 9, ПК-7, 8; 18, 20) СУОС ТПУ (УК-5, 8) Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, Критерий АВЕТ-3с, h, j)

	устойчивого развития.	
P7	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению</i> и непрерывному <i>профессиональному совершенствованию</i> .	Требования ФГОС ВО (ОК-3, 4, 7, 9, ОПК-5), СУОСТПУ (УК-6) Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i> , Критерий АВЕТ-3i)
Профили (профессиональные компетенции)		
P8	Ставить и решать задачи <i>комплексного инженерного анализа</i> в области поисков, геолого-экономической оценки и подготовки к эксплуатации месторождений полезных ископаемых с использованием современных аналитических методов и моделей.	Требования ФГОС ВО (ОК-1, 2, 4, 5; ОПК-1, 4, 5, 6, 7, 8, ПК-1, 3, 4, 8, 12, 13, 14, 15, 16, ПСК-1.1-1.6, ПСК-2.1-2.8, ПСК 3.1-3.9.) Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i> , Критерий АВЕТ-3b) требования профессиональных стандартов: 19.021 «Специалист по промысловой геологии», 19.023 «Специалист по подсчету и управлению запасами углеводородов», ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий»: 2114 Геологи, геофизики (гидрогеологи) 2146 Горные инженеры, металлурги и специалисты родственных им занятий
P9	Выполнять <i>Комплексные инженерные проекты</i> технических объектов, систем и процессов в области прикладной геологии с учетом <i>экономических, экологических, социальных и других ограничений</i> .	Требования ФГОС ВО (ОК-1, 6, ОПК-1, 2, 4, 8, ПК-1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 19, 20, ПСК-1.1-1.6.; 2.1- 2.8., 3.1-3.9) Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i> , Критерий АВЕТ-3с) требования профессиональных стандартов 19.021 «Специалист по промысловой геологии», 19.023 «Специалист по подсчету и управлению запасами углеводородов», ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий»: 2114 Геологи, геофизики(гидрогеологи) 2146 Горные инженеры, металлурги и специалисты родственных им занятий

P10	Проводить исследования при решении <i>комплексных инженерных проблем</i> в области <i>прикладной геологии</i> , включая прогнозирование и моделирование природных процессов и явлений, постановку эксперимента, анализ и интерпретацию данных.	Требования ФГОС ВО (ОК-3, 6, ОПК-6,8, ПК-1, 2, 3, 4, 12-16, ПСК-1.3., 1.5., 2.3., 2.4., 2.6., 3.2., 3.3., 3.4.) Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i> , Критерий АВЕТ-3b,с) требования профессиональных стандартов 19.021 «Специалист по промысловой геологии», 19.023 «Специалист по подсчету и управлению запасами углеводородов», ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий»: 2114 Геологи, геофизики (гидрогеологи) 2146 Горные инженеры, металлурги и специалисты родственных им занятий
P11	<i>Создавать, выбирать и применять</i> необходимые ресурсы и методы, современные технические и ИТ средства при реализации геологических, геофизических, геохимических, эколого-геологических работ с учетом <i>возможных ограничений</i> .	Требования ФГОС ВО (ОПК-8, ПК-2-11,16-20, ПСК-1.1-1.6., 2.1- 2.8., 3.1.-3.9) Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i> , Критерий АВЕТ-3е, h) требования профессиональных стандартов 19.021 «Специалист по промысловой геологии», 19.023 «Специалист по подсчету и управлению запасами углеводородов», ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий»: 2114 Геологи, геофизики (гидрогеологи) 2146 Горные инженеры, металлурги и специалисты родственных им занятий
P12	Демонстрировать компетенции, связанные с <i>особенностью</i> проблем, объектов и видов <i>комплексной-инженерной деятельности</i> , не менее чем по одной из специализаций: <i>Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых,</i> <i>Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания,</i> <i>Геология нефти и газа</i>	Требования ФГОС ВО (ОК-3, 8, ОПК-4, 5, 6, ПК-1, 17-20, ПСК-1.1-1.6, 2.1-2,8; 3.1- 3.9.) Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i> , Критерий АВЕТ-3 а, с, h, j) Требования ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий»: 2114 Геологи, геофизики (гидрогеологи) 2146 Горные инженеры, металлурги и специалисты родственных им занятий требования профессиональных стандартов 19.021 «Специалист по промысловой геологии», 19.023 «Специалист по подсчету и управлению запасами углеводородов»

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки (специальность): 21.05.02 Прикладная геология
Отделение школы (НОЦ) геологии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Кузеванов К.И.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-215 Б	Булашову Владимиру Викторовичу

Тема работы:

Инженерно-геологические условия восточной части Селемджинского района и проект инженерно-геологических изысканий под реконструкцию мостового перехода на 3079км Дальневосточной железной дороги (Амурская область)

Утверждена приказом директора (дата, номер)

24.12.2020 №359-40/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Фондовые материалы ООО «Сибгипротранспуть» АО «Росжелдорпроект», нормативные документы, опубликованная литература, материалы производственных практик автора

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 общей части необходимо рассмотреть природные условия Селемджинского района Амурской области, уделить внимание геологическим, гидрогеологическим и инженерно-геологическим условиям района проектируемой реконструкции. В специальной части необходимо рассмотреть инженерно-геологические условия участка проектируемых работ. Оценить категорию сложности инженерно-геологических условий участка проектируемых работ, дать прогноз изменения ИГУ в период строительства и эксплуатации проектируемых сооружений. В проектной части запроектировать виды и объемы работ по инженерно-геологическому изучению реконструируемой опоры мостового перехода на 3079км Дальневосточной железной дороги.
--	---

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Фрагмент листа геологической карты М-52-Благовещенск серия Дальневосточная 2. Карта инженерно-геологических условий, инженерно-геологический разрез 3. Расчетная схема сооружения с геологической средой 4. Геолого-технический наряд на бурение инженерно-геологической скважины глубиной 22 метра 5. Инженерно-геологическое районирование участка работ
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Киселева Е.С.
Социальная ответственность	Гуляев М.В.
Буровые работы	Бондарчук И.Б.

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крамаренко В.В.	к.г.н.-М.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-215 Б	Булашов В.В.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-215Б	Булашову Владимиру Викторовичу

Школа	ИШПР	Отделение	Отделение геологии
Уровень образования	специалитет	Специальность	21.05.02 Прикладная геология

Тема ВКР:

Инженерно-геологические условия восточной части Селемджинского района и проект инженерно-геологических изысканий под реконструкцию мостового перехода на 3079км Дальневосточной железной дороги (Амурская область)

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: Инженерно-геологические условия Селемджинского района Амурской области и проект инженерно-геологических изысканий под реконструкцию мостового перехода на 3079км Дальневосточной железной дороги. Область применения: для проектирования и строительства сооружений повышенного уровня ответственности.
--	--

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.	Проанализировать специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) и правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы при полевых и камеральных работах в рамках производства инженерно-геологических изысканий для проектирования мостового переход Разработать мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных факторов Опасные и вредные факторы: – неудовлетворительный микроклимат; – повышенный уровень шума и вибрации; – тяжесть физического труда; – движущиеся машины и механизмы производственного оборудования; – опасность поражения электрическим током; – освещенность рабочей зоны; – утечки токсичных и вредных веществ в рабочую зону
3. Экологическая безопасность:	– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы, выхлопные газы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы, утечка горючесмазочных материалов);

	– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, нарушение естественного залегания пород); – решение по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Перечень возможных ЧС на объекте: <i>техногенного характера</i> – пожары и взрывы в зданиях, транспорте. <i>Природного характера</i> – землетрясения. Выбор наиболее типичной ЧС: - пожар; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации ее последствий.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-215Б	Булашов В.В.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-215Б	Булашову Владимиру Викторовичу

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	21.05.02 «Прикладная геология»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Сметно-финансовый расчет работ по проекту инженерно-геологических изысканий под реконструкцию мостового перехода на 3079км Дальневосточной железной дороги. Информационные ресурсы: ранее проведенные инженерно-геологические изыскания на сопряженной территории. Человеческие ресурсы: 6 человек
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства (СБЦ 1999 г). Районный коэффициент – 1,3
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Страховые взносы во внебюджетные фонды начисляются согласно ст. 425 НК РФ. Ставка налога на прибыль – 20% Отчисления по страховым выплатам 31 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение бюджета НИИ
3. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
4. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, риски.	Составление календарного плана проекта.
5. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.	Проведение оценки экономической эффективности, существующей и разработанной технологических схем проектирования инженерно-геологических изысканий

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Таблицы:

- 1 Матрица SWOT
- 2 Перечень этапов работ и распределение исполнителей
- 3 Календарный план-график выполнения работ;
- 4 Сравнительная эффективность разработки
- 5 Расчет сметной стоимости проектируемых работ.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН ШБИП	Киселёва Е.С.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-215Б	Булашов В.В.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа написана на 117 страницах, содержит 18 рисунков, 28 таблиц, 97 источников литературы, 5 листов графического материала.

Дипломный проект составлен на основании задания на выполнение выпускной квалификационной работы. Настоящая работа представляет собой проект инженерно-геологических исследований участка реконструкции мостового перехода на 3079км Дальневосточной железной дороги.

Целью проектирования является изучение инженерно-геологических условий восточной части Селемджинского района и проект инженерно-геологических изысканий под реконструкцию мостового перехода на 3079км Дальневосточной железной дороги (Амурская область).

Задачами являются набор оптимальных видов и методов исследований, обеспечивающих получение достоверных данных для проектирования.

В процессе работы был проведен анализ и обобщение литературных сведений, фактического материала ранее проведенных исследований. Описаны физико-географические, геологические, гидрогеологические условия района работ. Разработан проект инженерно-геологических изысканий для реконструкции опоры мостового перехода на 3079км Дальневосточной железной дороги.

В качестве специального вопроса рассмотрена методика инженерно-геологического районирования участка работ согласно СП 32-104-98 табл. 4.4 [65].

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, с помощью Excel, а также Autodesk AutoCAD 2017.

Оглавление

Введение.....	13
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	14
1.1 Физико-географическая и климатическая характеристика	14
1.1.1 Ландшафтные и геоморфологические условия.....	14
1.1.2 Климатические условия.....	14
1.2 Инженерно-геологическая изученность.....	16
1.3 Геологическое строение.....	22
1.3.1 Стратиграфия.....	22
1.4 Геология четвертичных отложений.....	31
1.5 Гидрогеологические условия	35
1.6 Геокриологическое условия	36
1.7 Геологические процессы и явления.....	38
2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЧАСТКА ПРОЕКТИРУЕМЫХ РАБОТ.....	40
2.1 Рельеф участка.....	40
2.2 Состав и условия залегания грунтов и закономерности их изменчивости.....	41
2.3 Физико-механические свойства грунтов.....	42
2.3.1 Характеристика физико-механических свойств номенклатурных категорий грунтов (ГОСТ 25100-2020) и закономерности их пространственной изменчивости (ГОСТ 20522- 2012)42	
2.3.2 Выделение и характеристика инженерно-геологических элементов (ГОСТ 20522-2012)43	
2.3.3 Нормативные и расчетные показатели свойств грунтов.....	44
2.4 Гидрогеологические условия	46
2.5 Специфические грунты.....	48
2.6 Инженерно-геологические процессы и явления	50
2.7 Прогноз изменения инженерно-геологических условий участка.....	58
2.8 Инженерно-геологическое районирование участка работ	58
3 ПРОЕКТ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ	61
3.1 Определение сферы взаимодействия сооружения с геологической средой и расчетной схемы основания.....	61
3.2 Обоснование видов и объемов работ.....	62
3.3 Методика проектируемых работ.....	71
3.3.1 Топографо-геодезические работы	71
3.3.2 Буровые работы.....	71
3.3.3 Опробование.....	76
3.3.4 Полевые опытные работы	76
3.3.5 Лабораторные работы.....	77
3.3.6 Камеральные работы.....	82
3.3.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	82

3.3.8 Производственная безопасность.....	83
3.3.9 Тяжесть физического труда	89
3.3.10 Выводы по разделу.....	94
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	95
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	95
4.2 Анализ конкурентных технических решений	96
4.2.1 SWOT-анализ.....	98
4.3 Формирование плана и графика разработки и внедрения инженерного решения.....	101
4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	101
4.4 Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения инженерных решений	104
4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	104
4.4.2 Основная заработная плата исполнителей	105
4.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей.....	105
4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	105
4.4.5 Накладные расходы	106
4.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	106
4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	106
Список использованной литературы	112

Введение

Работа представляет собой проект инженерно-геологических изысканий для реконструкции сталежелезобетонного моста на участке Тында-Ургал Дальневосточной железной дороги.

Необходимость проведения работ вызвана неудовлетворительным состоянием моста.

Для выполнения данного проекта были использованы данные инженерно-геологических изысканий для сопряженной территории, полученных автором во время работы.

Целью проектирования является изучение инженерно-геологических условий восточной части Селемджинского района и проект инженерно-геологических изысканий под реконструкцию мостового перехода на 3079км Дальневосточной железной дороги (Амурская область).

Задачами работы являются:

- изучение инженерно-геологических, инженерно-геокриологических и гидрогеологических условий площадки мостового перехода и насыпей подходов к мосту;
- определение нормативных и расчетных значений показателей физико-механических свойств грунтов основания фундамента моста, земляного полотна, а также грунтов тела насыпи;
- составить виды и объемы работ на выполнение инженерно-геологических изысканий (при выборе оптимальных методов исследования, для обеспечения дальнейшего проектирования всей необходимой достоверной информацией) с описанием используемых методик;
- дать характеристику физико-географического положения района работ.

В работе использованы фондовые материалы ООО «Сибгипротранспуть» АО «Росжелдорпроект» шифр 34-0/2732/ДКРС-Хаб/СГТП–ИГ, а также нормативные документы и литературные данные.

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Физико-географическая и климатическая характеристика

1.1.1 Ландшафтные и геоморфологические условия

Административно объект изысканий в Селемджинском районе Амурской области (ближайшая станция Мустах на 3129км), Февральская дистанция пути.

В геоморфологическом отношении участок работ приурочен к водосбору реки Иса. Рельеф водосбора равнинный на участке расположения объекта, слабо расчлененный и слабо дренированный. Равнинный характер территории нарушается водотоками, ложбинами и буграми пучения. Характерной чертой территории является её сильная заболоченность.

По ландшафтно-климатическим условиям участок относится к зоне дальневосточной тайги, для которой характерно распространение светлохвойных лесов. Древесный ярус состоит из лиственницы, а также сосны.

Участок работ расположен на заболоченном участке в верхней части водосбора р. Иса.

Местность на участке работ ровная, открытая, поросла редким молодым лесом, справа от железнодорожной насыпи заболочена (рисунок 1).



Рисунок 1 - Местность, прилегающая к мостовому переходу [85].

1.1.2 Климатические условия

Участок изысканий относится к I району, Id подрайону климатического районирования для строительства, согласно СП 131.13330.2018 [58]. Зона влажности – нормальная.

Исследуемый участок расположен в пределах распространения не сплошной толщи многолетнемерзлых грунтов и таликовых зон различного генезиса (рис.2).

По способу промерзания горных пород мерзлая толща относится к эпигенетическому типу [93].



● - Участок работ.

Рисунок 2- Распространение ММГ Геологическая карта СССР, 1991, МГУ им. М.В. Ломоносова [95].

Для температурного режима бассейна Среднего Амура характерна суровая продолжительная зима (средняя продолжительность - 179 суток) с длительными морозами сильными ветрами и метелями, а также устойчивым снежным покровом. Установление зимнего режима погоды происходит в конце октября, продолжается он до начала апреля. После установления устойчивого снежного покрова во второй декаде октября температура воздуха интенсивно понижается. В декабре - феврале обычно наблюдается ясная морозная погода со средними температурами воздуха минус 24°- 30°С, минимальными - до минус 51°С.

Кратковременные потепления обычно связаны с прохождением южных циклонов, которые чаще всего наблюдаются в конце февраля - марте и сопровождаются снегопадами, метелями и усилением ветра.

Снежный покров к середине марта набирает максимальную высоту, которая составляет при защищённой рейке 39 см в среднем в многоснежные зимы.

Весна приходит в середине апреля – начале мая и продолжается до начала июня.

В апреле снежный покров интенсивно разрушается и в конце апреля окончательно исчезает. Для весны характерна солнечная, но неустойчивая погода. Быстрое повышение

температуры в апреле может смениться резким похолоданием, снегопадами. Заморозки наблюдаются до конца мая, а в отдельные годы и до начала июня.

В течение июня устанавливается летний режим погоды. Лето в регионе теплое, но короткое, продолжается 3,0 – 3,5 месяца. Самый теплый месяц - июль. В летние месяцы в районе изысканий выпадает до 150 мм осадков в месяц, с преобладанием осадков ливневого характера.

Во второй половине августа – начале сентября начинаются заморозки на почве, происходит переход средней суточной температуры через 10°C в сторону понижения.

Осень наступает в начале сентября и длится до первых чисел октября. В сентябре - октябре происходит резкое понижение температуры воздуха. Погода осенью неустойчива, осадки идут на убыль, возможны резкие похолодания, снегопады.

Почти ежегодно в середине сентября бывает период потепления - "бабье лето". К концу первой декады октября происходит переход средней суточной температуры воздуха через 0°C. Морозные дни становятся обычным явлением. Похолодание в октябре идет быстро, увеличивается облачность и повторяемость туманов, создаются благоприятные условия для гололедно-изморозных явлений.

В октябре осадки обычно малоинтенсивные, но случаются и обильные снегопады, устанавливается снежный покров, к концу месяца увеличивается скорость ветра, наблюдаются метели.

Общее количество зимних осадков невелико и составляет менее 15-20% годовой суммы. В течение всего года преобладают ветры северо-западного направления, в летний период в равной мере также дуют ветры юго-восточного и восточного направлений.

Годовое количество осадков на данной территории составляет 636 мм, суточный максимум составляет 106 мм.

Согласно СП 20.13330.2016 [60] - снеговой район II, расчетное значение веса снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли S_g , 1,0 кПа (100 кгс/м²). Согласно СП 20.13330.2016 - ветровой район III, нормативное значение ветрового давления w_0 0,38 кПа (38 кгс/м²). Согласно СП 20.13330.2016 - III и толщина стенки эквивалентного гололеда повторяемостью 1 раз в 5 лет соответственно равна 10 мм.

1.2 Инженерно-геологическая изученность

В 1930 году ВЦИК и Правительство РСФСР приняли решение о культурном и хозяйственном строительстве Дальневосточного края. К 1931 году, таким образом, было выдвинуто для сравнения 2 варианта основного направления магистрали. Исходным пунктом обоих вариантов намечалась станция Тайшет. Для решения Ангаро-Енисейской проблемы и транспортного обеспечения бассейна реки Лена, трассу Северного направления

БАМа предполагалось проложить через Киренск и Бодайбо, с выходом к порту Эйкан на Охотском побережье. Трасса Южного направления намечалась через Усть-Кут, и далее через Северобайкальск, вдоль Верхней Ангары через реки Зею и Бурею до бухты Де-Кастри, то есть по направлению сегодняшнего БАМа. Имелся и 3-ий вариант, позволяющий уменьшить стоимость строительства в начальный период – от станции Уруша на Транссибе на восток через село Тындинское. Изыскательские экспедиции в это время состояли из трассировочных партий, состав которых был следующий: начальник партии, старший инженер, ведущий линию, младший инженер, работающий обычно с 1-м нивелиром, старший техник.

13 и 25 апреля 1932 года были приняты два правительственных постановления разной степени секретности, «О сооружении Байкало-Амурской железнодорожной магистрали». Под БАМом понималась, в первую очередь, линия от ст. Уруша на Транссибирской магистрали до села Пермское, где начинали строить город Комсомольск-на-Амуре. Ранее уже отмечалось, что в трассировочной партии геологов не было. Специализированные отряды занимались бурением уже по готовой трассе. Наличие же общего представления о геологическом строении района было очень важно при выборе варианта трассы. Общая геологическая картина района прохождения трассы появляется после разведки с выполнением геологического описания района и составления геологической карты. И, конечно, наличие хоть какой-то, но достоверной карты, с правильно нанесёнными гидросетью и водоразделами с отметками высот, были бы большим подспорьем в этой работе. Но, на большей части территории прохождения БАМа, таких материалов не было. Не было даже никаких карт на некоторых участках. Экспедиции Академии Наук продолжали работать в регионе, пытаясь восполнить этот пробел. Олёкминский Становик – водораздел между реками Лена и Амур оказался одним из таких мест. Предполагая, в начале 1932 года, что намеченные изыскательские работы будут выполнены в срок и в полном объёме, Наркомат путей сообщения одновременно с организацией экспедиции, создал и новую структуру - Управление строительства Байкало-Амурской магистрали (УС БАМ НКПС).

Начальником Управления, по решению Политбюро ЦК ВКП(б), был назначен С.В. Мрачковский, который в это время возглавлял Казжелдорстрой в Казахстане. Это решение было скреплено приказом Наркома путей сообщения от 26 февраля 1932 г. На всём протяжении восточного участка трассы БАМа, несмотря на работы 1932-34 годов, недостаточно исследованным оставался участок от Усть-Нимана до Комсомольска и далее до Советской Гавани. Общее направление между крайними точками юго-восточное.

Далее работы 1937 года отличаются от прежних изысканий. 27 марта 1937 года в системе Союзтранспроект было создано Бюро по проектированию БАМа, задачей которого был анализ выполненных по БАМу работ, приведение в порядок всех полученных к этому времени материалов и составление на их основе технического проекта. Анализ показал, что отсутствие комплексного подхода при выполнении изысканий часто не позволяет давать грамотную оценку рекомендуемого варианта. Без данных геологии этого не сделать. Для детального обследования уже рекомендуемых участков трассы, и поиска наилучших вариантов на отдельных участках трассы БАМа приказом НКПС от 17 апреля 1937 года в Москве был образован Бамтранспроект с отделениями в Ленинграде и Томске. В составе Бамтранспроекта было организовано 16 экспедиций. В результате их работы должны были быть окончательно решены все вопросы, связанные с выбором направления и с выбором варианта трассы. Начальником Бамтранспроекта был назначен Федор Алексеевич Гвоздевский.

В 1936 году Мостранспроекту были поручены изыскания на участке от Усть-Кута до Тынды (1730 км). Понимая, что за один сезон полностью весь участок обследовать нельзя, ограничились участком до реки Витим.

Изыскания и проектирование отдельных наиболее сложных объектов производились специализированными институтами, такими как Ленметропроект, Гипротрансмост и другими. Особые геологические условия, с которыми столкнулись изыскатели, требовали их изучения. Для этого привлекались проектные и изыскательские организации Академии наук СССР, Министерства геологии и др. Общее число привлекаемых организаций достигало 150. Генеральным проектировщиком всего БАМа назначался Мосгипротранс. Его задача, как головной организации, состояла в упорядочении и регулировании работ всех вышеуказанных организаций и в выработке единых решений, общих для магистрали.

Изучение «вечной мерзлоты» находилось в зачаточном состоянии. Необходимо было также разработать единые основополагающие документы по производству изысканий и проектированию. Начиная изыскания в 1967 году, впереди традиционно шли геодезисты, прокладывая трассу, исходя из рельефа и гидрологии местности. За ними шли гидрологи, определяя в местах пересечения водотоков условия их пересечения, с целью получения данных об уровнях подъёма и скорости протекания воды, Трасса продвигалась вперёд со скоростью до 2-х километров за день. Геологи шли за ними, и их задачей было дать описание геологических условий трассы, подтверждаемых геофизическими данными, геологическими выработками (скважинами, шурфами, расчистками) и данными лабораторных исследований, выполняемых в «поле» (рис.3).

наледей. Был проведён анализ литературных и фондовых источников, были изучены материалы Бампроекта 1939 - 1942 годов, материалы изысканий и строительства линии на участке Бам –Тында и Ургал – Комсомольск. На основе этого Мосгипротрансом, как головной организацией, были разработаны «Методические указания по инженерно-геологическим изысканиям трассы БАМа. 1967 г.».

В Указаниях излагалась методика работ по изучению инженерно-геологических и мерзлотных условий с целью получения необходимых данных для составления проекта и прогноза изменений этих условий при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений. В течении всего периода изысканий к работе по изучению геологических условий привлекались десятки научных и научно-исследовательских организаций, начиная от организаций Академии наук СССР, Министерств Геологии, Строительства и Транспортного строительства, и, кончая специализированными строительными организациями различных регионов страны.

Для более полного исследования мерзлотных грунтов в каждой комплексной партии организовывались геофизические отряды и грунтово-химические полевые лаборатории. Полевым работам предшествовало камеральное инженерно-геологическое и мерзлотное дешифрирование картографических материалов и аэрофотоснимков. При этом составлялись инженерно-геологические карты масштаба 1:25000, на которых выделялись участки с неблагоприятными процессами, и давались необходимые рекомендации по трассированию. В процессе полевых работ по основной трассе и всем конкурирующим вариантам выполнялась инженерно-геологическая и мерзлотная съёмка полосы шириной 300 – 500 м. Для этого производилась необходимая работа в виде проходки шурфов, бурения скважин, устройства расчисток и геофизические исследования.

Большое значение придавалось геологическому попикетному описанию трассы и окружающей местности, особенно на неблагоприятных участках. Описывалось всё, что видели глаза, причём, в зависимости от времени года. При обследовании термокарста устанавливались формы рельефа и их размеры, глубина воронок и понижений, льдонасыщенность и наличие подземных льдов. На участках развития наледей производилась крупномасштабная топографическая съёмка с целью определения динамики их образования, т.е. съёмка выполнялась несколько раз в течение года, а наблюдения выполнялись в течение нескольких лет. При описании обвалов, осыпей, курумов определялись форма и размеры глыб, состав, мощность, состояние и характер подстилающих грунтов, задернованность и залесённость участков. При обследовании прижимов устанавливались зоны повышенной трещиноватости пород, прочность коренных блоков, наличие карнизов, пещер, крупных и мелких трещин, выходов подземных вод.

Трудность обследования заключалась в том, что скальные обломки, скапливающийся обычно у подножия разрушающихся скал, отсутствовали – их уносило потоком воды.

Изучение марей заключалось в определении типа марей по составу растительности и по характеру микрорельефа, устанавливалась мощность торфа и криогенное строение, льдистость подстилающих грунтов. При мерзлотной съёмке изучался слой сезонного оттаивания-промерзания, его мощность, в зависимости от времени года, текстура, состав, сложение, состояние, влажность, льдистость, плотность и температура. Инженерно-геологическая и мерзлотная съёмка сопровождалась выполнением разведочных работ, число и характер выработок при этом определялись масштабом съёмки и условиями залегания грунтов. В результате строились геологические разрезы, оконтуривались участки с особыми свойствами грунтов.

Инженерно-геологическое обоснование проектов выполнялось в зависимости от вида сооружения и конкретных условий. Для проектов насыпей при неглубоком залегании кровли коренных пород закладывались шурфы глубиной до кровли коренных пород, при песчано-глинистых и дресвяно-щебенистых грунтах проходили скважины диаметром 46-59 мм. Такие же скважины проходили на участках льдистых грунтов и на марях. Бурение выполнялось через каждые 100- 200 метров на глубину до 5-10 метров. При обследовании выемок закладывались в самой глубокой их части скважины до глубины, ниже проектной отметки на 2-3 метра. Иногда, помимо скважин на оси трассы, выполнялось бурение справа и слева от оси на расстоянии до 100 метров. На местах перехода выемок в насыпи («нулевые места») выполнялось бурение 1-2 скважин на глубину не менее 10-12 метров. Разведка оснований фундаментов больших и средних мостов производилась бурением скважин диаметром 73-92 мм колонковым бурением. В зависимости от длины моста закладывалось 3-5 скважин глубиной от 8-12 до 20-30 метров. На малых мостах выполнялось бурение 1-3 скважин глубиной 8-15 метров до плотных, несущих грунтов. На станционных площадках бурение выполнялось «по сетке» в зависимости от масштаба съёмки.

Особые трудности возникали при бурении скважин в районе расположения тоннелей. По трассе Байкальского тоннеля было пробурено 6 скважин глубиной от 46 до 365 метров, по Северо-Муйскому тоннелю пробурено 37 скважин глубиной от 25 до 340 метров, по Кадарскому тоннелю – 11 скважин глубиной до 180 метров [79]. На всём протяжении Байкало-Амурской магистрали совместно с геологоразведочными методами применялись различные геофизические методы, позволявшие определять глубины залегания кровли коренных пород, зоны их дробления, границы распространения многолетне-мёрзлых грунтов, границы и массивы линз льда, и многое другое.

Впервые геофизические методы при железнодорожных изысканиях были применены в 1936 году Ленгипротрансом при поисках пресных вод для водоснабжения 7 станций на линии Карталы - Акмолинск в Казахстане.

Непосредственно на участке проектируемых работ ранее в разное время были выполнены инженерно-геологические изыскания.

Так по результатам допостроечных изысканий, выполненных институтом Мосгипротранс в 1976г., в геологическом строении площадки проектируемого мостового перехода (в пределах глубины исследования 15,0м) принимают участие аллювиальные и элювиальные отложения, находящиеся на глубине 0,8-1,1м в многолетнемерзлом состоянии (мерзлота сливающего типа).

В кровле аллювиальных отложений, под слоем торфа и супеси с примесью органического вещества, было установлено наличие жильного льда мощностью от 1,35м до 2,40 м. Подрусловой поток, по результатам допостроечных изысканий, выполненных институтом Мосгипротранс в 1976г., мог формироваться исключительно в период с положительными температурами воздуха, носил кратковременный характер и не оказывал влияния на деградацию многолетней мерзлоты (мерзлота сливающего типа) [75].

Насыпь отсыпана в 1983 году воинской частью № 25473. В 2007г. институтом «Сибгипротранспуть» – филиал АО «Росжелдорпроект» проводились изыскания по объекту: «Реконструкция сталежелезобетонного моста на 3079 км ПК 4 на участке Тынды-Ургал Дальневосточной железной дороги. В ноябре 2007г выполнялись изыскания для составления проекта переустройства моста в трубу. Для изучения инженерно-геологических условий на участке были пробурены 4 скважины глубиной от 21,9м до 23,0м, расположенные по оси моста на расстоянии от 8,0м до 22,0м влево и вправо от оси пути. Насыпь и опоры моста не обследовались [82].

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что геолого-гидрогеологические и инженерно-геологические условия Селемджинского района Амурской области недостаточно изучены.

1.3 Геологическое строение

Удаленность территории рассматриваемого района от крупных рек и транспортных магистралей явилось причиной того, что геологическое изучение ее началось только в начале 40-х годов.

1.3.1 Стратиграфия

В геологическом строении территории листа принимают участие стратифицированные образования широкого возрастного диапазона. В различном объеме представлены архей, протерозой, все системы фанерозоя, кроме ордовика. Степень

дислоцированности этих образований варьирует от горизонтального залегания до сложнопостроенных складок различных порядков, характерны разломно-блоковые структуры.

Верхнеархейская эонотема

К верхнему архею относятся метаморфические образования, представляющие собой остатки нижнедокембрийского фундамента. Стратифицированные образования объединены в амурскую серию в составе туловчихинской, дичунской и урильской свит и дягдагейскую толщу. Они распространены неравномерно, слагают относительно крупные ареалы и многочисленные ксенолиты в гранитоидных массивах.

Амурская серия

Туловчихинская свита (AR₂tl)

Свита имеет очень ограниченное распространение. Свита слагает сводную часть антиклинали северо-восточного простирания и интродуцирована равновозрастными гранитоидами, массивы которых окружают ее с севера, востока и юга.

В изучаемом районе нижние части видимого разреза туловчихинской свиты представлены пачкой однообразных очковых биотитовых гнейсов, прослеженной в береговых обнажениях и делювиальных овалах на 5 км имеющей мощность, без учета кильного гранитного материала, около 300 м. Серия сероцветных глинистых сланцев, алевролитов и песчаников, имеют тонкую слоистость, проявляющуюся в чередовании тонких глинистых прослоев с подобными же прослойками, обогащенными алевролитовыми частицами и чешуйками слюды.

Дичунская свита (AR₂dč)

Наиболее полный разрез свиты составлен по горным выработкам на правобережье руч. Завальный, здесь залегают:

Амфиболы – амфиболиты и диопсид-роговообманковые кристаллические сланцы переслаивающиеся – амфиболиты – гнейсы роговообманковые и диопсид-роговообманковые – амфиболиты и эпидот-роговообманковые кристаллические сланцы переслаивающиеся – амфиболиты, иногда эпидотсодержащие – гнейсы роговообманковые с линзами мощностью до 1 м амфиболитов – кварциты биотитовые и мусковитные – гнейсы роговообманково-биотитовые и биотитовые – гнейсы биотит-роговообманковые - гнейсы биотит-роговообманковые и роговообманковые с прослоями - гнейсы биотитовые и кристаллические сланцы – амфиболиты с прослоями и пачками сланцев – гнейсы роговообманковые и биотит-роговообманковые.

Дягдагейская толща (AR₂dg) выделена в бассейне р. Дягдагле, где наиболее распространена. Сложена амфиболитами, кристаллосланцами роговообманковыми,

диопсидовыми, гнейсами биотитовыми, двуслюдяными гранат- и силлиманитсодержащими, редко кварцитами и мраморами. Мощность до 2500 м. Слагает фрагменты кровли палеозойских интрузий, изолированные выходы с неопределенными верхней и нижней границами. Коррелируется с образованиями верхнего архея региона по характеру строения разрезов, степени метаморфизма, петро- и геохимическим особенностям пород.

Нижнепротерозойская эонотема

Нижнепротерозойские стратифицируемые образования сохранились фрагментарно в опущенных блоках (фрагментах прогибов, грабенов) вдоль крупных разломов. В выступах фундамента Буреинского массива раннепротерозойские образования присутствуют в тех же блоках, что и верхнеархейские метаморфиты. Они представлены породами нятыгранской свиты. Союзненская свита, которая на этапе ГСР200 выделялась во всей восточной части Буреинского массива, а по решениям III и IV ДВ МРСС только в Малохинганском блоке, вошла в состав нижнекембрийской кимканской толщи. Тематическими исследованиями и ГДП200 в ее стратотипической местности (р. Амур близ с. Союзное) установлено, что толща пород, претерпевших неравномерный динамотермальный метаморфизм, согласно залегает на фаунистически охарактеризованной лондоковской свите нижнего кембрия и по стратиграфическому положению, повышенной углеродистости пород соответствует нижнекембрийской кимканской толще Малого Хингана.

Нятыгранская свита (PR₁1nt) слагает субмеридиональные полосовидные выходы в бассейнах рек Нижний Мельгин, Верхний Мельгин, Талибджан, Туюн, Ниман и др. Протяженность отдельных выходов достигает 50—100 км при ширине не более 8 км. Свита сложена слюдяными, графитовыми сланцами с пластами глиноземистых и зеленых сланцев, кварцитов, мраморов. Мощность ее до 1700 м. К северо-востоку от стратотипической местности в составе свиты увеличивается содержание кварцитов, и при среднемасштабном картировании эти отложения относили либо к союзненской, либо к гуджалской свите.

Верхнепротерозойская эонотема

Рифейская эонотема

Образования рифея представлены в различной степени метаморфизованными осадочными и вулканогенно-осадочными породами неклинской толщи, туранской серии и нерасчлененными осадочными породами

Средне(?)рифейская эратема

Неклинская толща (RF₂?nk) выделена Н. П. Саврасовым в 1955 г. Слагает разрозненные выходы по р. Зея и в приустьевой части р. Селемджа. Наиболее хорошо

изучена в береговых обрывах рек Селемджа и Мамын. Неклинская толща представлена сланцами тонкополосчатыми серыми, темно-серыми, сиреневато-серыми слюдяно-кварцевыми, кварц-серицитовыми с редкими прослоями сланцеватых, известковистых метапесчаников (1–3 м), сланцев хлорит-серицитовых. В верхней части разреза залегает пачка (250 м) тонкополосчатых кварц-эпидот-актинолитовых сланцев. Нижняя граница неклинской толщи не установлена, верхняя согласно перекрыта дагмарской толщей. Мощность до 2000 м.

Верхнерифейская эратема

Туранская серия

Метаморфизованные эффузивно-осадочные породы занимают небольшую площадь. Отдельные их ксенолиты среди ранне- и позднепалеозойских гранитоидов встречены на правобережье р. Туюн.

Нижняя толща (RF_3tr_1) слагает низы разреза серии на правобережье верховьев р. Кера, в бассейнах ручьев Баламутный, Отножина, Сюгдулки, Сохатиный. Наиболее полный разрез толщи изучен в бассейнах ручьев Баламутный и Отножина. Здесь низы разреза сложены пачкой (610 м) грубопереслаивающихся порфиритоидов и туфов риолитового, реже дацитового состава. Мощность прослоев 40–180 м. Выше залегает пачка (470 м) переслаивающихся туфов риолитов и дацитов. В ее верхней части появляются прослои (20–70 м) туфоконгломератов, туфогравелитов и туфопесчаников. Пачка сменяется переслаиванием через 20–90 м туфов дацитов, туфов риолитов, риолитов, игнимбритов риолитового состава. Мощность подобного переслаивания 300 м. Далее по разрезу следует пачка (330 м) переслаивания риолитов и риодацитов, содержащая редкие прослои (до 30 м) и линзы туфов дацитов и туфоконгломератов. Выше залегает пласт (170 м) песчаников, сменяющийся пачкой переслаивающихся туфов риолитов и дацитов. Нижняя граница толщи не определена, верхи разреза согласно перекрыты отложениями верхней толщи этой же серии.

Толща рассланцованных липаритов и фельзит-порфиров ($PR_3?tr_2$)

Породы имеют разный цвет: светло-серый, зеленоватый, грязно-белый. Толща представлена липаритами – серицитизированы, имеют шелковистый блеск. Порфировые выделения представлены калиевым полевым шпатом, кварцем, плагиоклазом. Фенокристаллы плагиоклаза деформированы, замещаются серицитом или мелкозернистым агрегатом альбита, кварца и серицита.

Фельзит-порфиры имеют однородную фельзитовую структуру основной массы и содержат единичные порфировые выделения полевых шпатов. Мощность толщи оценивается в 300–500 м.

Толща рассланцованных песчаников и конгломератов, филлитизированных алевролитов с прослоями слюдисто-кварцевых сланцев и единичными линзами порфироидов (PR₃?tr₃)

Общая мощность отложений толщи 2100-2500 м. В своем большинстве породы ее рассланцованы, а под воздействие интрузий палеозойских гранитоидов ороговикованы. Для крупно- и грубозернистых песчаников характерны многочисленные включения удлиненных по сланцеватости обломочков черных алевролитов. Средне- и мелкозернистые песчаники более однородны и состоят из зерен кварца, полевых шпатов, чешуек биотита и мусковита. Иногда присутствуют единичные зерна ильменита, магнетита, циркона, сфена, граната и апатитов.

Дагмарская толща (RF3?dg) выделена Н. Н. Саврасовым в 1955 г. Распространена вдоль р. Селемджа и в бассейне р. Нора. В составе толщи резко преобладают слоистые метапесчаники, как правило, известковистые и сильно рассланцованные. В качестве прослоев наблюдаются сланцы серициткварцевые тонкослоистые (20–150 м), актинолит-хлоритовые (20–50 м), в виде линз – известняки мраморизованные (до 0,5 м).

Слоистость в песчаниках обусловлена чередованием слойков с различным соотношением обломочного материала и цемента. Кроме того, псаммитовые слойки чередуются с первично алевропелитовыми. На левобережье р. Селемджа, выше стратотипического разреза толщи, метапесчаники преимущественно кварцевые. Согласно залегает на неклинской толще, верхняя граница не определена. Мощность толщи до 3250 м. Толща вмещает месторождения строительных камней (мраморов).

Нерасчлененные образования (RF3?) наблюдаются в бассейнах рек Селемджа, Нора, Мамын, Зей, где слагают разрозненные выходы среди разновозрастных интрузий. Как правило, нижняя и верхняя границы слоев в этих выходах не определены. Отложения представлены известняками мраморизованными, метагравелитами и метаконгломератами. Мощность до 100 м. Не исключено, что это более молодые или более древние образования. Корреляция их с образованиями туранской серии весьма условна. К нерасчлененным образованиям приурочена асбестовая минерализация, часть пород используется в качестве поделочных камней.

Девонская система

Нижний отдел

Лохковский–эмский ярусы. Большекаменушкинская свита (D₁bl) развита в междуречье Малая Каменушка–Гуран (левобережье р. Амур) в виде полосы шириной до 3 км, ориентированной в северо-западном направлении. Эта местность для

большакаменушкинской свиты является стратотипической. Мощность отложений 1900 м. Свита получила название в легенде Зейской серии листов. Она представлена преимущественно зелеными, кварцсерицитовыми и серицитовыми сланцами, зеленокаменно измененными туфами основного и среднего состава, а так же мелкозернистыми песчаниками и алевролитами с линзами конгломератов, гравелитов, мраморизованных известняков, которые содержат фаунистические остатки, характерные для раннего девона. Рассматриваемые отложения согласно залегают на позднесилурийских метавулканитах широкопадинской свиты. Большакаменушкинская свита зонально метаморфизована до зеленосланцевой фации. Зеленокаменные породы содержат вкрапленность магнетита до 6 %, а зеленые сланцы – до 12 %.

Толща песчаников (D1p) распространена в верховьях рек Янсай и Альдикон, междуречьях Исикан–ТанКсы, Сохатиный–Предгорный, в районе г. Сюгдулки и по р. Ульма, где сложена метаморфизованными средне- и крупнозернистыми, гравелитистыми, существенно кварцевыми песчаниками, филлитизированными алевролитами, слюдисто-кварцевыми, реже зелеными сланцами и кварцитами.

Нижний-средний отделы

Алевролитопесчаниковая толща (D1–2ap). Выделена при составлении легенды Зейской серии листов. К ней условно отнесены терригенные и вулканогенные образования. Песчаники кварцевые и полевошпат-кварцевые, алевролиты, зеленокаменно измененные базальты, туфы основного и среднего состава, туффиты, конгломераты слагают небольшие по площади выходы в бассейне р. Зей. Здесь они перекрыты рыхлыми неоген-четвертичными отложениями. Зеленые сланцы (хлорит-серицитовые, биотит-хлоритовые, хлорит-эпидот-актинолитовые, альбит-актинолит-эпидотовые), филлиты, песчаники и известняки, выходят на поверхность на левобережье Амура у сел Смирновка и Ермаково, в верховье Гокон и пади Гураниха. Мощность отложений 1100–1300 м.

Ниманская толща (D1–2 nm). В нее объединены распространенные в Нимано-Мельгинском прогибе близкие по составу толщи кварцевых песчаников, кварцитов, алевролитов, слагающие разобщенные выходы малых размеров. Она с размывом залегают на ордовикских гранитоидах и согласно перекрывается аргиллитовой толщей с остатками фауны живета. Мощность до 1100 м.

Каменноугольная система

Нижний отдел

Грамахинская свита (C1gr) выделена А. Ф. Васькиным в 1975 г. Свое название она получила в легенде Зейской серии листов. Развита по р. Зей между устьями руч. Епиha и р. Граматуха, где представлена аркозовыми песчаниками, алевролитами, часто

филлитизированными, зелено-каменно измененными туфами основного и среднего состава, прослоями известняков, редко туфоконгломератов. Мощность отложений 950–1500 м.

Нижний-средний отдел

Серпуховский–башкирский ярусы. Богданихинская свита (C1–2bg).

Представлена средне -, глинистыми сланцами, базальтами с прослоями туфо-гравелитов, известняков мраморизованных, гравелитов, конгломератов.

Мезозойская группа

Меловая система

Представлена континентальными отложениями. В основании общего разреза преимущественно вулканогенных меловых образований преобладают осадочные породы.

Нижний отдел

Отложения нижнего отдела меловой системы, как правило, охарактеризованы комплексами фауны, флоры и подтверждены данными спорово-пыльцевого анализа. Для многих разрезов свит характерно присутствие пачек углей различного качества и мощности. Берриасский–валанжинский ярусы.

Итикутский комплекс дацит риолитовый. Итикутская свита (K1it)

Состав итикутской свиты осадочно-вулканогенный: андезиты, андезидациты, базальты, трахириолиты и риолиты, их туфы и игнибриты, песчаники, алевролиты, аргиллиты. По преобладанию составляющих ее можно разделить на две пачки: нижнюю, преимущественно терригенную, и верхнюю – вулканогенную.

Субвулканические образования – риолиты, их игнибриты и автомагматические брекчии ($\lambda K1it$), гранит-порфиры ($\gamma K1it$), дациты ($\zeta K1it$) распространены ограниченно.

Солонийская свита (K1sn) распространена на большой площади Буреинского угленосного бассейна и Тыминской впадины, обнажается по рекам Ниман и Бурей.

Берриасский–готеривский ярусы. Каменушинская свита (K1km) свита состоит в основном из песчаников с базальным слоем (100 м) конгломератов. Ее мощность около 600 м. На остальной территории она сложена мелкогалечными и валунными конгломератами, гравелитами, песчаниками с линзами каменного угля, алевролитами.

Нижняя подсвита (K1pk1) существенно терригенная, с прослоями туфогенных алевролитов, песчаников, аргиллитов, углефицированных аргиллитов, маломощных прослоев углей. Подсвита имеет полифациальный состав по вертикали и горизонтали. В первом случае он изменяется (снизу вверх по разрезу) от пролювиальных фаций через аллювиальные до озерно-болотных. Процесс осадконакопления происходил параллельно с вулканической деятельностью в регионе, в результате чего в направлении к бортовым

частям впадин терригенные отложения сменяются вулканогенными образованиями, которые являются составляющей частью верхней подсвиты.

По данным бурения, мощность нижней подсвиты не более 460 м. Верхняя подсвита (K1pk2) согласно наращивает разрез нижней подсвиты. Она представлена преимущественно эффузивами среднего и основного состава: андезитами, андезибазальтами, базальтами, их туфами, туфои лавобрекчиями, туфотерригенными породами. Завершает разрез пачка переслаивающихся алевролитов и аргиллитов с редкими прослоями песчаников, туфопесчаников, туфов, углистых аргиллитов, редко отмечаются конгломераты и линзы углей. Мощность верхней подсвиты менее выдержанная и изменяется от 130 до 800 м.

Субвулканические образования – андезиты (α K1pk), диорит-порфириты ($\delta\pi$ K1pk) развиты наиболее широко в бассейне р. Селемджа. Они выделены как породы комагматичные поярковской свите. Судя по форме тел, это лакколиты, лополиты или силлообразные субвулканы, которые достигают по площади 20 км² и более.

Субвулканические образования (α K1st)

Альбский ярус. Тараконская толща (K1tr) выделена в бассейне рек Таракон и Берей А. П. Сорокиным и Ю. В. Кошковым в 1996 г. при анализе материалов по отложениям, с которыми возможна связь нефтегазоносности региона. В результате образования, выделяемые ранее как «поярковская свита» в бассейне р. Таракон, были разделены на нижнюю – преимущественно вулканогенную и верхнюю – терригенную толщи. Терригенная толща получила название «тараконская». Авторы установили, что тараконская толща с размывом залегает на коре выветривания андезибазальтов. Нижняя часть разреза представлена пачкой переслаивающихся аргиллитов подобных глин, песчаников, гравелитов и конгломератов. В составе свиты преобладают туфоконгломераты, присутствуют пласты бурого угля мощностью до 1 м и алевролиты. Перекрывают свиту отложения завитинской свиты сантон-кампанского возраста.

Верхний отдел

Сеноманский–туронский ярусы. Обманийский комплекс риолитовый.

Обманийская свита (K2ob) Сложена риолитами, игнимбритами риолитов и трахириолитов с прослоями их туфов, линзами ксенотуфов.

Субвулканические образования – риолиты, дацириолиты и их автомагматические брекчии (λ K2ob); риодациты ($\lambda\zeta$ K2ob); дациты (ζ K2ob); гранит-порфиры и умереннощелочные гранит-порфиры ($\gamma\pi$ K2ob) представлены штокообразными телами и внемасштабными дайками, пространственно ассоциирующимися с выходами пород обманийской свиты.

Далдыканский комплекс трахириолитовый. Далдыканская толща (K2dl)

Породы слагают серию небольших, самостоятельных вулканических построек, незначительно удаленных друг от друга. Разрез толщи, составленный по буровым скважинам, схематичен и представлен лавами, туфами, игнимбритами, игниспумитами трахириолитов и риолитов, которые залегают на различных фациях иркунских вулканитов через горизонт погребенных делювия и почвы мощностью 1,5 м. Мощность толщи 290 м.

Туронский–коньякский ярусы. Лиственичный комплекс риолитовый. Лиственичная свита (K2ls)

В составе свиты преобладают лавы и туфы риолитов и трахириолитов. В меньшем объеме присутствуют туффиты, туфопесчаники, туфоалевролиты и туфоконгломераты. Мощность – до 1100 м.

Туронский–кампанский ярусы. Завитинская свита (K2zv)

Свита сложена глинами, песками, алевритами, сцементированными в отдельных слоях до состояния аргиллитов, алевролитов, редко – песчаников. Иногда наблюдается примесь туфогенного материала с растительным детритом. Характерно присутствие в разных частях разреза карбонатных пород: оолитовых известняков, известковистых алевролитов, мергелей, в нижней части – бентонитовых глин, а в верхах свиты – сидерита и пестроцветных глин. В алевритах часто встречаются зерна янтаря. Мощность до 300 м.

Маастрихтский ярус. Кундурская свита (K2kn) Свита сложена в основном конгломератами, туфоконгломератами, песчаниками, туфопесчаниками и туфоалевролитами с редкими прослоями туфов кислого состава. Мощность – до 900 м.

Раннемеловые коры выветривания установлены при бурении в краевых частях Амуро-Зейской впадины. Под базальными слоями станолірской свиты баррем-аптского возраста они проявлены зоной дезинтеграции и ожелезнения в подстилающих слюдяно-кварцевых сланцах.

Породы становятся кирпично-красными. Мощность зоны 9 м.

На р. Таракон между поярковской и тараконской свитами установлена кора выветривания по андезибазальтам. На плотных темно-серых андезибазальтах залегают (снизу-вверх):

- 1) дресвяная кора дезинтеграции по выветрелым сургучным андезибазальтам – 7,5 м;
- 2) глина плотная коричневатая-серая с реликтами первичной структуры андезибазальтов; состав глины – монтмориллонит с примесью каолинита и гидрослюд – 37,3 м.

Общая мощность коры до 45 м. Сходное строение коры выветривания по палеозойским гранитам или по андезитам наблюдается на левобережье р. Завитая под верхней подсвитой поярковской свиты.

Возраст коры выветривания (ранний баррем) установлен по ее положению в разрезе. Позднемеловые коры выветривания обнаружены в разрозненных скважинах. В 4 км юго-восточнее с. Семеновка цагаянская свита налегает на выветрелые риодациты поярковской свиты, возле г. Свободный – на выветрелые песчаники нижнего девона. Дезинтегрированные породы зоны выветривания имеют каолинитовый или гидрослюдисто-каолинитовый заполнитель. Ее мощность превышает 7 м. В нижних слоях цагаянской свиты присутствует переотложенный каолинит. Приведенные факты свидетельствуют о домаастрихтском (сеноман-кампанском) гипергенезе.

1.4 Геология четвертичных отложений

В квартере известны аллювиальные отложения всех звеньев неоплейстоцена, озерные отложения среднего и верхнего неоплейстоцена, озерные и аллювиальные отложения верхнего неоплейстоцена. С верхнего неоплейстоцена до голоцена развивались элювий (кора выветривания), солифлюксий, аллювий и пролювий, в течение всего квартера – коллювий, десерпций и солифлюксий, а также коллювий и деляпсий. В четвертичном периоде формировались покровные торфяники, лессово-почвенные и техногенные образования, а также продукты почвенного гипергенеза.

Неоплейстоцен

Нижнее звено

Аллювиальные отложения (aQ_I; aI) залегают на водораздельных поверхностях или выполняют высокие цокольные террасы, отражая положение систем древних рек Амур и Зея (6-я надпойменная терраса), Томь, Селемджа и Буря. Это пески гравийно-галечные, галечники, алевриты, суглинки, глины, в старичной фации – алевриты, глины, лигниты. Высоты террас в связи с новейшими блоковыми подвижками изменяются от 80 до 120 м над поймами рек. Уровень подошвы аллювия в пределах Амуро-Зейской впадины изменяется незакономерно от 280 до 310 м. В низовьях р. Гильчин нижненеоплейстоценовый аллювий слагает серию останцов (древних островов?) среди верхненеоплейстоценовых отложений р. Амур на гипсометрическом уровне 130 м. Высокие террасы р. Буря изменяют гипсометрический уровень подошвы от 265 до 400 м вверх по течению.

Среднее звено

Аллювиальные отложения (aQII; aII) выполняют 4-ю (30–45 м) и 5-ю (50–80 м) надпойменные террасы Амура и Зеи и высокие террасы их притоков на Зейско-Буреинской

равнине. Это пески и супеси гравийно-галечные, галечники валунные и гравийники с линзами торфов. Гипсометрический уровень подошвы аккумулятивных террас составляет от 290 до 140 м, изменяясь вниз по течению рек. Высокие террасы притоков р. Зея вложены в нижнелепестовый аллювий или прислонены к нему. По обнажениям 6–9 составлен сводный разрез среднелепестового аллювия р. Томь в ее равнинной части (снизу-вверх): 1) пески крупнозернистые гравийно-галечные светло-желтые; содержание уплощенных галек до 50 % – 10 м;

2) пески мелкозернистые хорошоотмытые с редким гравием – 20 м;

3) пески глинистые средне-мелкозернистые желтые слюдястые с обилием обломков железных корочек и «закатышами» глин красно-коричневых с центрами из каолина и торфа – 42 м;

4) пески мелко-среднезернистые охристо-рыжие пятнистые с единичными обломками железных корочек – 35 м.

Общая мощность – 107 м. Палинокомплексы из глинистых «закатышей» и вмещающих песков указывают на их почти одновременное накопление. Весьма вероятен размыв во время катастрофических паводков отложений застойных старичных озер с повышенной садкой окисного железа из окрестных берегов (центры «закатышей» из торфа и каолина). Горизонты валунных галечников стрессовой фации появляются в верховьях р. Томь и в террасах Зеи и Селемджи. В составе валунов – гранодиориты и биотитовые сланцы.

Озерные отложения (IQU; II) представлены глинами, суглинками, песками мелкозернистыми, илами и торфяниками. Они слагают верхнюю часть 5-й надпойменной террасы Зеи и Томи на их левых берегах и Амура ниже устья р. Зея. Ширина площадки террасы достигает 25–35 км. Повсеместно озерные отложения наложены на среднелепестовый погребенный аллювий (скважины 2, 5, 7, 15, 25 и др.)

Верхнее звено

Аллювиальные отложения (aQIII; aIII) объединяют 2-ю (10–15 м) и 3-ю (18–30 м) надпойменные террасы Амура и Зеи и 1-ю и 2-ю надпойменные террасы их притоков, на Бурейском водохранилище – острова в прежнем русле р. Бурей. Они представлены песками, галечниками, гравийниками, алевритами, супесями, суглинками, глинами и торфяниками.

Уровень террас обусловлен местным базисом эрозии и колеблется от 260 до 115 м. Верхнелепестовый аллювий вложен в среднелепестовый или прислонен к нему и повсеместно пререзается голоценовыми аллювиальными отложениями. В составе каждой террасы выделяется нижняя часть, сложенная галечно-песчаным материалом русловых фаций, и верхняя, глинисто-песчано-алевритовая, отвечающая пойменным

условиям осадконакопления. Пески разномерные, глинистые, полимиктовые, с преобладанием сфен-эпидот-роговообманковой ассоциации в тяжелой фракции. Гальки и гравий средне- и плоскоокатаны, разномерные. Глины гидрослюдистые, иногда с примесью кремнезема и органического вещества. Со старичными озерами на площадках террас связаны покровные торфяники с мощностью низинного торфа до 3–5 м

Озерные отложения (IQIII; III) встречаются на крайнем севере и крайнем юге площади листа М-52 между 130° и 131° в. д. Они представлены глинами и суглинками тонкослоистыми, линзами торфов. Отложения «северного» озера в бассейне р. Ульма залегают на выположенной водораздельной поверхности с гипсометрическими отметками 250–280 м, перекрывая белогорскую свиту, и при ГС-200 включались в ее состав.

Озерные и аллювиальные отложения (I, aQIII; IaIII) выделяются на левом берегу Биджана. Они представлены горизонтально переслаиваемыми песками, галечниками, гравийниками, алевроитами, супесями, суглинками, глинами и торфяниками. Отложения приурочены к 1-й надпойменной террасе Биджана высотой 5–10 м и в продольном профиле реки практически не меняют своего гипсометрического уровня, находясь на отметках 91–89 м. Мощность отложений – до 30 м.

Средние и верхнее звенья

Аллювиальные отложения (aQII + III; aII + III), представленные песками, гравийно-галечными и валунно-галечными отложениями, галечниками, гравийниками, суглинками и торфяниками, объединяют образования узких, с шириной площадок не более 1 км, второй, третьей и четвертой надпойменных аккумулятивных террас притоков рек Амур и Зей, а также р. Амур выше устья р. Зей.

Верхнее звено неоплейстоцена-голоцен

Поздненеоплейстоцен - голоценовый механогенный элювий (eIII–Н). Элювий сложен глыбами и щебнем с дресвяно-суглинистым заполнителем и глинами. Он приурочен к выровненным водораздельным поверхностям (реликтам древней поверхности выравнивания), расположенным на высотах 450–500 м над уровнем моря. Часто на выходах палеозойских гранитов наблюдается постепенный переход от элювия к структурным корам. Мощность элювия – до 7 м.

Солифлюксий (sIII–Н), представленный глинами, суглинками, щебнисто-глинисто-дресвяными отложениями, линзами торфов и погребенных почв. Он широко развит на пенеоплензированных окраинах и в эрозионных окнах Амуро-Зейской и Среднеамурской впадин, на склонах межгорных впадин и отрогов горных хребтов.

Аллювий и пролювий (а, рQIII–Н; а, рIII–Н), представленные глинами и суглинками дресвяно-щебнистыми, образуют шлейфы на сочленении Малого Хингана и Среднеамурской впадины и в долинах горных рек, окаймляя хр. Турана. Кроме того, шлейфы известны у подножия хр. Петровский и на Малом Хингане (р. Яурин и левые притоки Амура). Серия немасштабных конусов выноса шириной до 500 м и длиной до 400–600 м известна в устьях широких распадков на правом берегу р. Томь. Глины гидрослюдистые, с примесью монтмориллонита и каолинита. Состав обломочного материала неоднороден и не всегда совпадает с составом близлежащих коренных пород. Гранулометрический состав отложений становится все более тонким снизу-вверх по разрезу и по мере удаления от зоны плоскостного смыва. Мощность аллювиально-пролювиальных шлейфов вдоль окраины Среднеамурской впадины достигает 20 м; в других местах их мощность 3–6 м.

Голоцен

Аллювиальные отложения (аQH; аН), представленные галечниками валунными, песками, в том числе гравийно-галечниковыми, супесями, суглинками, илами и торфяниками, объединяют 1-ю (6–12 м) надпойменную террасу рек Амур и Зея и поймы их притоков. Голоценовым аллювием сложены и многочисленные острова рек Амур, Зея и Селемджа. Пойма везде, за исключением рек горной части и предгорий, имеет двучленное деление с выделением низкой и высокой поймы.

Квартер нерасчлененный

Четвертичное механогенное (температурное) выветривание, развитое нагорных склонах под воздействием сезонного колебания температур в условиях резко континентального климата и периодической оттайки многолетней мерзлоты, обусловило комбинации коллювия, десерпция и солифлюксия, а также коллювия и деляпсия.

Коллювий, десерпций и солифлюксий (DR) образуют комбинации на горных склонах с крутизной 15–35° и представлены глыбово-щебнисто-дресвяными отложениями. Они формируются под воздействием периодического промерзания и протаивания трещиноватых коренных пород и сползания глыб и щебня вниз по склону. Образуются курумы. В верхних частях курумовых склонов крутизной более угла естественного откоса преобладает глыбовый коллювий, а субвертикальные стенки отрыва образуют скальные останцы высотой до 10–25 м. Ниже по склону, где его крутизна меньше угла естественного откоса, преобладает десерпционная составляющая. Под слоем глыб залегают щебень и дресва с супесчано-суглинистым заполнителем.

Коллювий и деляпсий (с, dl) наблюдаются совместно на крутых (30–45°) склонах хребтов Турана и Малый Хинган, прибрежных склонах Амура и его притоков на Амуро-

Зейском плато. Отложения представлены глыбами и щебнем с дресвяно-песчано-глинистым заполнителем (Лист 1) [76].

1.5 Гидрогеологические условия

По ландшафтно-климатическим условиям район относится к области развития островной многолетней мерзлоты. Многолетнемерзлые породы имеют мощность 20-60 м и оказывают существенное влияние на формирование, условия залегания и режим подземных вод всех водоносных комплексов.

Надмерзлотные воды распространены в деятельном слое мощностью 0,3-3,5 м. Верхняя граница таких пород является водоупором для этих вод, которые имеют сезонный характер (май-ноябрь) и циркулируют в рыхлых аллювиальных, элювиально-делювиальных образованиях и в зоне приповерхностной трещиноватости коренных пород.

Межмерзлотные воды отмечаются в зоне многолетней мерзлоты, наблюдаются в двух фазах (лед и вода), находящихся в равновесии, и характеризуется ограниченной циркуляцией.

Подмерзлотные воды залегают ниже зоны многолетней мерзлоты и в своем пространственном размещении тесно ассоциируют с надмерзлотными водами и подземными водами площадей, лишенных многолетнемерзлых пород.

Водоносный комплекс элювиальных четвертичных отложений

Гравийно-галечно-песчаные, отложения пойм и надпойменных террас образуют единый водоносный комплекс. Состав аллювия меняется по площади и в разрезе. Глинистые породы и мерзлота верхних горизонтов аллювия обуславливают наличие местных напоров подземных вод. Разгрузка подземных вод происходит в реки. Дебит отдельных струй от 0,1 до 0,2 л/сек редко достигает 1,0 л/с. Воды пресные (минерализация – 24-70 мг/л), с температурой – 0,5-5,8 °С. Тип вод гидрокарбонатный, кальциевый, реже кальциево-магниевый. Жесткость не превышает 0,18-3,30 мг.экв.

В комплексе с поверхностными водами аллювиальные воды могут быть использованы для питьевого и хозяйственного водоснабжения.

Водоносный горизонт аллювиально-делювиальных отложений приурочен к маломощной (1-4 м) зоне дезинтеграции пород, имеющей повсеместное распространение на склонах и водораздельных пространствах. Водовмещающими является преимущественно грубообломочный материал различного петрографического состава, а также дресва и супеси.

Питание происходит за счет инфильтрации, режим уровня вод находится в прямой зависимости от сезонности и количества атмосферных осадков. Воды прозрачные, без запаха, холодные (1,5-5,0 °С), реже имеют бурый цвет и неприятный вкус.

Водоносный комплекс трещиноватой зоны нижнемеловых осадочно-вулканогенных образований.

Эффузивы разбиты беспорядочно ориентированными трещинами, по которым с различной интенсивностью идет выветривание пород. Глубина распространения региональной экзогенной трещиноватости не превышает 80 м. В верхней более трещиноватой зоне эффузивных покровов развиты трещинные воды открытой зоны выветривания (воды свободного водообмена). Область их питания совпадает с областью разгрузки. В целом комплекс слабо водообильный, с дебитом родников 0,1 -0,2 л/с. Воды мягкие и очень мягкие, с нейтральной реакцией, без цвета и запаха, пригодны для питья.

Водоносный комплекс трещиноватой зоны метаморфизованных образований верхнего протерозоя (?) на описываемой территории имеет незначительное распространение. Воды циркулируют в коренных породах в связи с наличием в них эндогенной и экзогенной трещиноватости. Широко развита пластовая трещиноватость. Водообильность комплекса в целом незначительна. Дебит встречающихся родников не превышает 0,2 л/с, у подножия склонов и в пределах зон тектонических разрывов увеличивается до 0,5 -1,0 л/с. Глубина залегания уровня подземных вод колеблется от 0,1-6 м на пологих склонах до 30-40 м на приводораздельных участках. Воды пресные (минерализация – 24-150 мг/л), с температурой – 1-6 °С. Тип вод гидрокарбонатный, гидрокарбонатно-хлоридный, реже сульфатно-гидрокарбонатный, кальциево-магниевый. Жесткость не превышает 0,25-1,40 мг.экв.

Водоносный комплекс трещиноватой зоны разновозрастных кристаллических пород. Данный водоносный горизонт имеет региональное распространение. Воды приурочены к трещинам отдельности и выветривания, а также к дизъюнктивным тектоническим нарушениям.

В целом среди интрузивных пород преобладают родники с дебитом 0,01-1,0 л/с. Уровень зеркала вод колеблется 0,1-40 м. Подошвой водоносного горизонта является зона затухания трещиноватости, которая обычно не превышает глубины 90-100 м. По химическому составу воды гидрокарбонатно-натриевые, пресные (20-118 мг/л), без запаха и цвета, с общей жесткостью 0,2-1,44 мг.экв. Реакция их слабоокислая до нейтральной, средняя температура +3 °С.

Питание происходит посредством инфильтрации, разгрузка – у подножий склонов в истоках ручьев [82].

1.6 Геокриологические условия

Формирование прерывистости и мощности криолитозоны региона в целом находится в соответствии с современными условиями теплообмена на поверхности земли.

На горных склонах и междуречьях с отметками более 800-900 м неуклонное понижение средней температуры и увеличение мощности криолитозоны с высотой. В гольцовом поясе хребтов (абс. Отметки более 1300 м) криогенные толщи достигают максимальных (100-300 м) для региона значений мощности и имеют сплошное по площади распространения.

Формирование таких мощностей обусловлено более длительным и, возможно, непрерывным во времени периодом промерзания пород в пределах гольцового пояса гор, объемным характером охлаждения водораздельных пространств, что, в частности, находит свое выражение в пониженных величинах геотермического градиента (0,8 – 1,5 град/100 м) за счет искажения теплового поля земли рельефом, а также высокой степенью дренированности осевых частей хребтов при их промерзании.

В днищах долин и межгорных впадин мощности мерзлых толщ редко превышают 50-100 м. Это связано, в первую очередь, с противодействием многолетнему промерзанию высокой обводненности пород в долинной сети и во впадинах, а также с наибольшими значениями геотермического градиента (1,5 -2,5 град/100м) в днищах долин, обусловленными влияниями рельефа.

Распространение мерзлых толщ в долинах и впадинах преимущественно сплошное и прерывистое, главным образом на участках развития гидрогенных подозерных и подрусовых сквозных и реже несквозных, а также сквозных гидрогенных напорно-фильтрационных таликов.

На сниженных междуречьях и их склона многолетнемерзлые породы имеют массивно-островное и островное распространение и мощность, не превышающую обычно 50м.

По типу промерзания мерзлые толщи региона относятся в целом к эпигенетическим. Преобладающая их часть испытала полное протаивание в период голоценового климатического оптимума и по этой причине имеет позднеголоценовый возраст. Исключением являются мерзлые толщи осевых частей хребтов с абс. Высотами более 1200-1300 м, входящих в верхние наиболее холодные слои тропосферы.

Все породы коренной основы вне зон криогенной и тектонической дезинтеграции имеют невысокую (до 0,5-0,6 %) объемную льдистость и трещинный или трещинно-жильный характер криогенных текстур с частичным заполнением трещин льдом. Наибольшая льдистость (5-10%) породы коренной основы наблюдается в долинах и нижних придолинных частях склонов, которые при промерзании имели высокую обводненность.

Особенно высокой льдистостью должны обладать узкие линейные зоны тектонической трещиноватости, приуроченные к долинам или оперяющие воздымающиеся блоки хребтов у их подножий.

Эоцен-неогеновые коры выветривания, имеющие в регионе ограниченное распространение и представленные в основном дресвяниками, в случае их мерзлого состояния имеют массивные, массивно-поровые и гнездовые криогенные текстуры. Объемная льдистость пород при этом составляет от 5 до 20 %.

Верхнечетвертичным – современным элювиальным и делювиальным (нерасчленным) отложениями свойственны корковые и гнездовые криотекстуры, наличие горизонтов «гольцового» льда и относительно высокая объемная льдистость (20 -40 %). На метаморфических сланцах, где в основном развита щебенистая толща с супесчаным либо песчано-глинистым заполнителем, криогенные текстуры пород корковые, в заполнителе – массивные при малых возможностях и линзовидные микро- и тонкошлировые при большом увлажнении.

При промерзании среднечетвертичных – современных делювиально-пролювиальных отложений, представленных валунно-галечной толщей с включением щебня, глыб и глинисто-песчаным заполнителем, в них сформировались криогенные текстуры от массивных и массивно-поровых до неправильносетчатой и неполновыраженной линзовидной и слоистой микро- и тонкошлировой в заполнителе. Объемная льдистость отложений изменяется от 20 до 40%.

Толща ниже-среднечетвертичных аллювиальных отложений древних долин в многолетнемерзлом состоянии имеет в зависимости от состава самые разнообразные криогенные текстуры. В супесях и суглинках это линзовидные, слоистые, сетчатые тонко- и среднешлировые криогенные текстуры. В галечниках часто встречаются массивно-поровые и реже корковые, а в песках – от массивных до неполновыраженных линзовиднослоистых тонкошлировых текстур. Объемная льдистость пород так же в зависимости от состава варьирует от 10 до 40%.

На участках, где развита маломощная пойменная фация супесчано-суглинистого состава, в ней наблюдаются линзовидные частослоистые тонко-и микрошлировые текстуры, реже горизонтально-слоистые тонко- и среднешлировые. При этом объемная льдистость пород возрастает до 30-50 % [78].

1.7 Геологические процессы и явления

Современные геологические процессы, протекающие на территории района работ, обусловлены её морфогенетическими особенностями, широким развитием

многолетнемерзлых пород, весьма податливых к воздействию. Совокупность этих факторов и определяет широкое развитие ниже перечисленных физико-геологических процессов.

Деградация многолетней мерзлоты (по материалам Тындинской мерзлотной станции) [21].

Суровые климатические условия и сравнительно низкая температура многолетнемерзлых грунтов в рассматриваемом регионе на начальном этапе эксплуатации в значительной степени способствовали консервации многолетнемерзлых грунтов в основании насыпи.

С течением времени многолетнемерзлые грунты в основании насыпи, при сохранении первоначального уровня верхней границы мерзлоты, подверглись растеплению и перешли от твердомерзлого в пластичномерзлое состояние, что и послужило первопричиной развития здесь медленно протекающих во времени, накапливающихся год от года осадок ж.д.пути, обусловленных как уплотнением грунтов, так и выдавливанием (разжатием) этих грунтов в стороны.

Одной из основных причин повышения первоначальной температуры вечномерзлых грунтов в основании насыпей, возведенных в различных природно-климатических зонах БАМ, является формирование на поверхности земляного полотна более высоких температур, чем температура вечномерзлых грунтов на глубине нулевых амплитуд в естественных условиях. Другой важнейшей причиной растепления основания является проникновение (инфильтрация) атмосферных осадков в земляное полотно. Инфильтрация атмосферных осадков в тело земляного полотна, при высоте насыпей до 6,0 м из песчано-галечниковых, дресвяно-щебенистых и других дренирующих грунтов (за исключением крупнообломочного скального грунта), приводит к повышению температуры грунтов, залегающих ниже глубины слоя сезонного оттаивания, на 1,0-1,5 °С.

При высоте насыпей больше 6,0 м, отепляющий эффект инфильтрации атмосферных вод достигает 2,0 °С, что является одной из основных причин формирования таликовых зон в теле высоких насыпей, отсыпанных из хорошо дренирующих грунтов.

Широкое распространение имеют также деформации насыпей, обусловленные многолетним оттаиванием вечномерзлых грунтов в их основании под отепляющим воздействием фильтрации поверхностной воды. Первопричиной этих деформаций является отсутствие или недостаточная эффективность работы устройств поверхностного водоотвода. Деформации земляного полотна, обусловленные наличием фильтрационных потоков в его основании, протекают, как правило, крайне неравномерно и носят иногда провальный характер, что таит реальную угрозу безопасности движения поездов на

участках с наличием в основании земляного полотна льдонасыщенных грунтов, и особенно - повторно-жильных льдов.

Деградация многолетней мерзлоты сопровождается типичными формами рельефа на прилегающей местности – формирование аласов (котловин, плоскодонных ложбин, днища которых выполнены луговой растительностью).

Многолетние исследования Тындинской мерзлотной станции по оптимизации параметров скальной наброски показывают, что близкий к максимально возможному эффект охлаждения подстилающих грунтов дают крупнопористые скальные покрытия, состоящие из фракционного камня со средним диаметром обломков, равным средней многолетней толщине снега в районе строительства за ноябрь-февраль, но не менее 0.2 м. Толщина (мощность) такого покрытия должна составлять не менее $(2,5-3,0) D$, где D - средний диаметр камней в наброске.

Климатические условия благоприятны для сохранения многолетней мерзлоты на территории всей обследуемой площадки.

Сейсмическая активность

Обследуемый участок находится в сейсмическом районе. Сейсмичность района (СП 14.13330.2018) 6 баллов - карта А (10 %) , 7 баллов- карта В (5 %) и 8 баллов- карта С (1 %) - пункт Февральск (3016км).

С учетом комплекта карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-97), сейсмическая интенсивность района по шкале MSK-64 для средних грунтовых условий и трех степеней сейсмической опасности составляет 6 баллов – карта А (10%), 7 баллов – карта В (5%) и 8 баллов – карта С (1%).

Подтопление и заболачивание

Источником подтопления являются атмосферные осадки (дождевые и талые воды) и поверхностные воды ручья.

Близкое залегание подземных вод и отсутствие стока (в пределах замкнутых пониженных участков) приводит к заболачиванию территории с участками открытой воды. С поверхности на участке распространены органоминеральные и органические грунты.

2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЧАСТКА ПРОЕКТИРУЕМЫХ РАБОТ

2.1 Рельеф участка

По ландшафтно-климатическим условиям участок относится к зоне дальневосточной тайги, для которой характерно распространение светлохвойных лесов. Древесный ярус состоит из лиственницы, а также сосны.

Участок работ расположен на заболоченном участке в верхней части водосбора р. Иса.

Местность на участке работ ровная, открытая, поросла редким молодым лесом, справа от железнодорожной насыпи заболочена. Железная дорога однопутная, не электрифицированная. Верхнее строение пути представлено шпалами деревянными, балластом щебеночным.

Высотой насыпи в пределах основной площадки составляет (с учетом осадки пути из-за протаивания льдистых грунтов основания насыпи):

- левый берег ручья Извилистый;
- правый берег ручья Извилистый.

На всем протяжении участка устроена двухсторонняя берма из щебенистого грунта. Откосы насыпи заросли молодым кустарником. От ПК30781+20 до моста в правом подножии насыпи устроена водоотводная канава шириной 2,0м, глубиной 1,0м – для выпуска воды из болота в ручей.

Водоотводная канава не спрофилирована - на всем ее протяжении отмечаются замкнутые понижения. Такие же замкнутые понижения (участки застоя воды в весенне-осенний период) отмечаются в водоотводной канаве в правом подножии насыпи от моста до ПК ПК30784+00 и в пазухе между насыпями автомобильной и железной дорогами.

Откосы подошвы насыпи и конусов моста выложены бутовым камнем.

2.2 Состав и условия залегания грунтов и закономерности их изменчивости

Согласно данным ранее проведенных изысканий до глубины 33 метра в геологическом строении исследуемой территории принимают участие техногенные грунты (tQ_{IV}), современные аллювиальные отложения (aQ_{IV}), элювиальные образования (eQ).

На исследованной территории техногенные грунты представлены: щебеночным балластом из магматических пород, галечниковым грунтом с балластным щебнем из магматических пород, щебенистым грунтом магматических пород. Так же встречен глыбовый грунт магматических пород.

Общая мощность техногенных грунтов с учетом осадки насыпи на участках подходов к мосту составляет 14,3-15,2м.

Аллювиальные современные отложения (aQ_{IV}) залегают с поверхности до глубины 1,8-7,6м. Встречены при проходке всех скважин. Грунты представлены торфами, супесями и песками. Грунты с примесью органических веществ, по показателю текучести от пластичных до текучих, по коэффициенту водонасыщения – насыщенные водой.

Элювиальные отложения (еQ) подстилают аллювиальные отложения. Общая мощность отложений составляет 13,8-15,9 м.

Отложения встречены всеми пробуренными скважинами; представлены дисперсной и обломочной зонами коры выветривания туфопесчаников; залегают на коренных образованиях, повторяя их поверхность.

В целом распространение слоев почти горизонтальное, однако за счет прослоев и их мощностей в слоях наблюдается неоднородность и физико-механические свойства изменяются по глубине.

Глубина залегания и условия распространения вскрытых грунтов приведены на инженерно-геологическом разрезе (лист 2).

2.3 Физико-механические свойства грунтов

2.3.1 Характеристика физико-механических свойств номенклатурных категорий грунтов (ГОСТ 25100-2020) и закономерности их пространственной изменчивости (ГОСТ 20522-2012)

Современные четвертичные дисперсные несвязные техногенные отложения представлены насыпным грунтом. Насыпной грунт неоднородный, как по составу, так и по сложению. Представлен суглинком тяжелым песчанистым твердым с включениями в виде строительного мусора до 5%.

Гранулометрический состав представлен фракцией (диаметр 100-60 мм) - 20,0 - 32,5%, фракция 60-40 мм – 14,3 - 58,7 %, песчанистых и пылеватых частиц не более 10%.

Аллювиальные современные отложения (аQ_{IV}) залегают с поверхности до глубины 1,8-7,6м (абс. отм. 312,11-319,85м). Грунты представлены супесями. Грунты с примесью органических веществ, по показателю текучести от пластичных до текучих, по коэффициенту водонасыщения – насыщенные водой. Также распространен с поверхности в левом подножие насыпи торф среднеразложившийся, высокозольный, средней степени водонасыщения. Под насыпью грунт не встречен. Мощность изменяется от 0,1м до 2,7м.

Элювиальные отложения (еQ) подстилают аллювиальные отложения; кровля их залегает на глубине 1,8-7,6м (абс. отм. 312,11-319,85м).

Отложения встречены всеми пробуренными скважинами; представлены дисперсной и обломочной зонами коры выветривания туфопесчаников; залегают на коренных образованиях, повторяя их поверхность. Отложения представлены супесями твердомерзлыми, при оттаивании твердомерзлыми.

Физико-механические свойства грунтов отображены в графической части на листе 3.

2.3.2 Выделение и характеристика инженерно-геологических элементов (ГОСТ 20522-2012)

Исследуемую толщу грунтов предварительно разделяют на инженерно-геологические элементы (ИГЭ) с учетом их происхождения, текстурно-структурных особенностей, вида, подвида или разновидности. Неоднородность грунта оценивают с помощью коэффициента вариации характеристик грунта.

Для оценки характера пространственной изменчивости характеристик могут быть использованы инженерно-геологические разрезы, планы, а также трехмерные модели.

Согласно п.4.6 ГОСТ 20522-2012 [33] за ИГЭ принимают некоторый объем грунта одного и того же происхождения, подвида или разновидности (согласно ГОСТ 25100) при условии, что значения характеристик грунта изменяются в пределах элемента случайно (незакономерно) либо наблюдающаяся закономерность такова, что ею можно пренебречь.

За единый инженерно-геологический элемент могут быть приняты грунты, представленные часто сменяющимися тонкими (менее 20 см) слоями и линзами грунтов различного вида, подвида или разновидности. Слои и линзы, сложенные рыхлыми песками, глинистыми грунтами с показателем текучести более 0,75, органоминеральными или органическими грунтами и другими грунтами, оказывающими существенное влияние на проектное решение, следует рассматривать как отдельные инженерно-геологические элементы независимо от их мощности.

Согласно данным ранее проведенных инженерно-геологических изысканий на сопряженной территории (коэффициент вариации удовлетворяет условию формулы 1), а также анализа характера пространственной изменчивости показателей физико-механических свойств грунтов в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой до глубины 20,0 м в соответствии с ГОСТ 20522-2012 «Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний» [33] выделено 10 инженерно-геологических элементов, наименование присваивалось согласно ГОСТ 25100-2020 «Грунты. Классификация» [37].

Разрез имеет следующее строение сверху-вниз:

ИГЭ 1а – щебеночный грунт (по СП 119.13330.2017 [57] балласт щебеночный). Грунт однородный (Cu 1), малой степени водонасыщения. Мощность ИГЭ в пределах основной площадки составляет 0,1-0,2м.

ИГЭ 2б – галечниковый грунт с балластным щебнем из магматических пород. Грунт неоднородный (Cu 80), средней степени водонасыщения. Мощность ИГЭ в пределах основной площадки составляет 0,4-1,9м.

ИГЭ 3б – щебенистый грунт магматических пород средней степени водонасыщения, неоднородный ($C_u = 800$), слабовыветрелый ($K_{wrt} = 0.49$ д. ед.), прочный ($K_{fr} = 0.13$ д. ед.). Грунт слагает тело насыпи и бермы. Мощность ИГЭ в пределах основной площадки составляет 7,8-10,5м.

ИГЭ 3в – щебенистый грунт магматических пород, насыщенный водой, неоднородный ($C_u = 400$), слабовыветрелый ($K_{wrt} = 0.42$ д. ед.), прочный ($K_{fr} = 0.11$ д. ед.). Грунт слагает нижнюю часть тела насыпи. Мощность ИГЭ составляет 0,7-3,9м.

ИГЭ 6б – супесь коричневая пластичная, с примесью органического вещества (9,5%). Грунт залегает как с поверхности, так и под слоем торфа. На удалении от ручья грунт выдержан по простиранию, на участке подмостового русла фациально замещается песками. Мощность ИГЭ изменяется от 0,2м до 2,6м.

ИГЭ 6б* – супесь коричневая мерзлая, слабольдистая ($I_i = 0.15$ д. ед.), твердомерзлая, при оттаивании пластичная, с примесью органического вещества (5,3%). Криогенная текстура слоистая. Грунт встречен мощностью 0,9-1,8м.

ИГЭ 6в* – супесь коричневая мерзлая, льдистая ($I_i = 0.25$ д. ед.), твердомерзлая, при оттаивании пластичная, с примесью органического вещества (8,8%). Криогенная текстура слоистая. Грунт выдержан по простиранию и по мощности.

ИГЭ 9а* – супесь голубовато-зеленая, зеленая мерзлая, сильнольдистая ($I_i = 0.4$ д. ед.), твердомерзлая, при оттаивании твердая. Криогенная текстура атакситовая, слоистая. Грунты ИГЭ выдержаны по простиранию и по мощности. Мощность слоя составляет 1,5м – 8,0м.

ИГЭ 11а* – супесь голубовато-зеленая, зеленая мерзлая, слабольдистая ($I_i = 0.04$ д. ед.), твердомерзлая, при оттаивании твердая. Криогенная текстура массивная. Грунты ИГЭ встречены под насыпью и в правом основании, в левом основании насыпи и в подмостовом русле слоем мощностью 1,3-5,3м, 1,7м и 2,1-5,0м, соответственно.

ИГЭ 12б* – щебенистый грунт неоднородный ($C_u = 800$), средневыветрелый ($K_{wrt} = 0.59$ д. ед.), малопрочный ($K_{fr} = 0.33$ д. ед.). Грунт мерзлый, слабольдистый ($I_i = 0.09$ д. ед.), твердомерзлый, криогенная текстура массивная, при оттаивании грунт средней степени водонасыщения. Кровля ИГЭ залегает на глубине 15,1-16,7м (абс. отм. 303,1-307,3м). Мощность ИГЭ составляет 3,3-6,5м.

2.3.3 Нормативные и расчетные показатели свойств грунтов

нормативные значения характеристик грунта следует устанавливать для выделенных при изысканиях инженерно-геологических элементов на основании статистической обработки результатов экспериментальных определений с учетом предусмотренного проектом состояния и температуры грунтов основания.

Расчетные значения характеристик грунта определяются по формуле 1:

$$X = \frac{X_n}{\gamma_g} \cdot (1)$$

где X и X_n - соответственно расчетное и нормативное значения данной характеристики;

γ_g - коэффициент надежности по грунту, определяемый согласно п. 5.8 СП 25.13330.2020 [62].

При определении расчетных значений деформационных и прочностных характеристик грунтов, используемых в качестве основания в мерзлом состоянии (принцип I), коэффициент надежности по грунту γ_g устанавливается при доверительной вероятности α , принимаемой равной 0,85, а для оснований опор мостов - 0,9.

На основании СП 22.13330.2016 [61] принимаются две доверительные вероятности для расчетных характеристик грунтов, 0,85 и 0,95 соответственно.

В рамках проекта необходим расчет по всем доверительным вероятностям – 0,85 (по деформациям), 0,9 и по несущей способности - 0,95.

Нормативные и расчетные значения показателей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Нормативные и расчетные значения показателей физико-механических свойств грунтов (по ИГЭ)

Номер ИГЭ	Плотность грунта, г/см ³					Удельное сцепление, кПа					Угол внутреннего трения, град.					Модуль деформации (МПа) E_H
	Рн	РП	РП	РП	РП	Сн	СП	СП	СИ	СИ	Фн	ФП	ФП	ФИ	ФИ	
		0.85	0.9	0.95	0.98		0.85	0.9	0.95	0.98		0.85	0.90	0.95	0.98	
1а	2.00	1.97	1.96	1.94	1.92	-	-	-	-	-	46	46	46	42	42	40
2б	2.20	2.12	2.10	2.06	2.01	-	-	-	-	-	37	33.6	33.6	32	32	52.8
3б	2.4	2.38	2.38	2.37	2.36	-	-	-	-	-	38	35	35	33	33	60.0
3в	2.5	2.48	2.48	2.47	2.46	-	-	-	-	-	39	35	35	34	34	45.9
6б	1.96	1.91	1.89	1.87	1.84	64.1	62.2	61.7	60.8	59.6	22	21	21	21	20	18.5
6б*	1.95	1.93	1.93	1.92	1.77	70	66.2	65.2	63.5	61.1	21	20	19	18	17	17.8
6в*	1.96	1.95	1.95	1.94	1.94	6.7	6.2	6.1	5.9	5.6	39	38	38	38	37	5.5
9а*	1.97	1.96	1.96	1.96	1.95	20.5	20	19	19	18	38	37	36	35	34	19.1

2.4 Гидрогеологические условия

До ввода в эксплуатацию восточного участка БАМа, гидрогеологические условия участка целиком определялись развитием многолетней мерзлоты.

Преобладали надмерзлотные воды (воды подруслового потока ручья Извилистый), полностью промерзающие зимой.

Подрусловой поток, по результатам допостроечных изысканий, выполненных институтом Мосгипротранс в 1976г., мог формироваться исключительно в период с положительными температурами воздуха, носил кратковременный характер и не оказывал влияния на деградацию многолетней мерзлоты (мерзлота сливающегося типа).

На период обследования гидрогеологические условия участка целиком определяются современной природной обстановкой - деградацией (понижением кровли) многолетней мерзлоты в основании насыпей подходов вследствие инфильтрации атмосферных осадков (через дренирующие грунты тела насыпи) и поверхностных вод с участков застоя и наличием талика.

За время эксплуатации железной дороги под насыпью происходила медленная деградация многолетней мерзлоты с последующим оседанием насыпи в результате уплотнения оттаявших слабых (торфы, заторфованные супеси, льды) грунтов основания. Происходило формирование и увеличение площади подруслового потока, не перемерзающего зимой, заполнявшего оттаявшие участки (образование талика).

Водовмещающие грунты представлены супесями, песками средней крупности и гравелистыми. Подземные воды по условиям залегания – надмерзлотные, порово-пластовые, по гидравлическим признакам – ненапорные; гидравлически связаны с ручьем Извилистый.

Появление (и установление) воды на приподошвенных участках насыпей подходов зафиксировано на глубинах: 0,4-1,3м и 0,5-0,8 м.

Появление (и установление) воды на участках насыпей подходов зафиксировано на глубинах: 11,2-11,3м и 10,8-11,1м. Абсолютные отметки уровня воды при этом находятся в пределах 319,20-320,20м. В подмостовом русле вода встречена у поверхности земли (абс. отм. 319,80м). Мощность водоносного горизонта определяется мощностью подруслового талика и составляет от 0,2-1,8м до 3,9-4,8м.

Агрессивность подземных вод

По химическому составу подземные воды сульфатно-гидрокарбонатные со смешанным катионным составом, кислые (pH=5,54-5,89). По степени минерализации - пресные (минерализация 109-120 мг/дм³). Содержание HCO₃⁻, мг-экв/дм³, SO₄²⁻, мг/дм³, Cl⁻, мг/дм³ приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание макрокомпонентов в подземной воде

Номер пробы	Номер ИГЭ	НСО ₃ , мг-экв/дм ³	SO ₄ , мг/дм ³	Cl ⁻ , мг/дм ³
Скважина 18 (глубина 0,4-3,1м)	5б, 6в	0,88	49,38	2,84
Скважина 19 (глубина 0,0-4,3м)	5б, 6в	0,8	60,9	1,42
Скважина 20 (глубина 0,6-4,0м)	5б, 6в	0,8	52,67	2,84

Подземные воды не агрессивны к маркам бетона по водонепроницаемости W6, W8, W10-W12 по всем показателям (СП 28.13330.2017 табл. В.3) [64].

К марке бетона по водонепроницаемости W4 подземные воды слабоагрессивные по водородному показателю и бикарбонатной щелочности, что приводит к образованию растворимых соединений или продуктов, не обладающих вяжущими свойствами и выщелачиванию растворимых компонентов бетона (вид коррозии I, II).

По содержанию сульфатов в пересчете на ионы SO₄²⁻, мг/л, подземные воды неагрессивны к маркам бетона по водонепроницаемости W4, W6, W8, W10-W14, W16-W20 на портландцементе по ГОСТ 10178-85, ГОСТ 31108-2016 (СП 28.13330.2017, табл. В.4, 5) [58].

По степени агрессивного воздействия жидкой неорганической среды на арматуру железобетонных конструкций подземные воды неагрессивны при постоянном погружении и периодическом смачивании (СП 28.13330.2017 табл. Г.2) [64].

По степени агрессивного воздействия на металлические конструкции подземные воды среднеагрессивные (СП 28.13330.2017, табл. Х.3) [64].

Агрессивность поверхностных вод и верховодки

По химическому составу вода в ручье Извилистый сульфатно-гидрокарбонатная со смешанным катионным составом, кислые (рН=5.45-5,51). По степени минерализации вода пресная (величина сухого остатка 108-123 мг/дм³).

Содержание НСО₃, мг-экв/дм³, SO₄²⁻, мг/дм³, Cl⁻, мг/дм³ приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание макрокомпонентов в поверхностной воде

Номер пробы	НСО ₃ ,мг-экв/дм ³	SO ₄ ,мг/дм ³	Cl ⁻ ,мг/дм ³
Ручей Извилистый	0,64	65,84	2,84
Ручей Извилистый	0,6	55,96	2,84
Ручей Извилистый	0,56	57,61	2,84

Поверхностные воды не агрессивны к маркам бетона по водонепроницаемости W6, W8, W10-W12 по всем показателям (СП 28.13330.2017 табл. В.3). [64].

К марке бетона по водонепроницаемости W4 поверхностные воды слабоагрессивные по водородному показателю и бикарбонатной щелочности, что приводит

к образованию растворимых соединений или продуктов, не обладающих вяжущими свойствами и выщелачиванию растворимых компонентов бетона (вид коррозии I, II).

По содержанию сульфатов в пересчете на ионы SO_4^{2-} , мг/л, поверхностные воды неагрессивны к маркам бетона по водонепроницаемости W4, W6, W8, W10-W14, W16-W20 на портландцементе по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108 (СП 28.13330.2017, табл. В.4, 5).

По степени агрессивного воздействия жидкой неорганической среды на арматуру железобетонных конструкций поверхностные воды неагрессивны при постоянном погружении и периодическом смачивании (СП 28.13330.2017 табл. Г.2).

По степени агрессивного воздействия на металлические конструкции поверхностные воды среднеагрессивные (СП 28.13330.2017, табл. Х.3).

Для получения фильтрационных свойств, грунтов ИГЭ 6б, 6в и 7в в скважине проведена одиночная откачка воды.

По результатам проведенных опытно-фильтрационных работ рассчитаны коэффициенты фильтрации (K_f), проводимость (T , $\text{м}^2/\text{сут}$) и уровнепроводность (a , $\text{м}^2/\text{сут}$) различными методами и высчитаны их среднеарифметические значения.

Результаты опытных работ сведены в таблице 4.

Таблица 4 - Данные опытных работ по одиночной откачке

Номер скважины	Опробованный интервал, от - до м	Параметры откачки			Средний коэффициент фильтрации, $\text{м}/\text{сут}$	Расчетное значение коэффициента фильтрации при $a=0.98$ (+)	Расчетное значение коэффициента фильтрации при $a=0.98$ (-)
		Дебит, $\frac{\text{л}}{\text{сек}}$ $\text{м}^3/\text{сут}$	Понижение, м	Удельный дебит, $\frac{\text{л}}{\text{сек} \cdot \text{м}}$ $\text{м}^3/\text{сут} \cdot \text{м}$			
С-20	0,6-4,0 3,4	0,06 5,18	3,7	0,016 1,4	0,18	0,24	0,13

В соответствии с ГОСТ 25100, грунты выделенных ИГЭ (талые) подразделяются на:

- очень сильноводопроницаемые – ИГЭ 1а, 4б ($K_f=40,0-50,0\text{м}/\text{сут}$);
- сильноводопроницаемые – ИГЭ 2б, 3б, 3в ($K_f=10,0-30,0\text{м}/\text{сут}$);
- водопроницаемые – ИГЭ 5б, 11а ($K_f=0,55-0,61\text{м}/\text{сут}$);
- слабоводопроницаемые – ИГЭ 6б, 6в ($K_f=0,03-0,23\text{м}/\text{сут}$).

2.5 Специфические грунты

На обследуемом участке к специфическим грунтам, согласно СП 47.13330.2016 [68], СП 11-105-97 часть III [54]., отнесены техногенные, органоминеральные, а также элювиальные грунты, находящиеся в многолетнемерзлом состоянии.

Техногенные грунты, распространенные на участке изысканий, представлены грунтами, слагающими балластную призму (ИГЭ 1а) и тело насыпи (ИГЭ 2б, 3б, 3в).

Техногенные грунты подразделяются:

- по однородности состава и сложения - планомерно возведенные насыпи;
- по способу возведения – насыпные грунты, отсыпанные автомобильным или железнодорожным транспортом;
- по давности отсыпки – уплотненные (процесс уплотнения под собственным весом завершился). Мост и насыпи подходов сооружены в 1982-1983г.г. (Приложение 1, карточка на мост №65.26). Соответственно, завершено и уплотнение подстилающих грунтов от веса насыпи;
- по водопроницаемости согласно СП 32-104-98, п. 4.3 [65] делятся на:

а) ИГЭ 1а, 2б, 6б - дренирующие (коэффициент фильтрации 15-60 м/сут, содержание частиц по массе размером менее 0,1 мм составляет 2,6% и 9,1% (ИГЭ 1а - частицы размером менее 0,1 мм отсутствуют).

б) ИГЭ 3в - недренирующие (коэффициент фильтрации 15 м/сут, содержание частиц по массе размером менее 0,1 м составляет 10,7%).

Техногенные грунты залегают на аллювиальных отложениях.

Органо-минеральные и органические грунты представлены современными аллювиальными отложениями.

Грунты залегают с поверхности и в основании железнодорожной насыпи.

Общая мощность органоминеральных отложений составляет 1,8-7,6м Грунты представлены супесями и песками средней крупности с примесью органического вещества. По показателю текучести супеси от пластичных до текучих, пески по коэффициенту водонасыщения – насыщенные водой. Содержание органического вещества в грунтах составляет 5,2-9,5% в супесях (ИГЭ 6б, 6в).

По типу питания болото низинное (питание подземными и поверхностными водами).

Органоминеральные и органические грунты имеют высокую влажность, малую плотность. Эти особенности определяют эти грунты как отложения слабые, непригодные для строительства на них различных сооружений (без инженерной подготовки).

Тип основания, содержащего органоминеральные и органические грунты, в целом – II (в верхней части сжимаемой толщи основания).

Нижняя часть органоминеральных грунтов находится в многолетнемерзлом состоянии.

Элювиальные грунты представлены дисперсной и обломочной зонами коры выветривания туфопесчаников. Отложения представлены супесью многолетнемерзлой, при

оттаивании твердой и пластичной (ИГЭ 9а*), супесью щебенистой многолетнемерзлой, при оттаивании твердой (ИГЭ 11а*).

Щебенистый грунт средневыветрелый ($K_{wt}=0,59$ д. ед.), малопрочный ($K_{fr}=0,33$ д. ед.).

Специфические свойства грунтов коры выветривания заключаются в более высокой изменчивости прочностных и деформационных свойств в горизонтальном направлении по сравнению с вертикальным, наличием карманов выветривания.

На участке все выделенные ИГЭ элювиальных грунтов, за исключением ИГЭ 9в (суглинком тугопластичный), находятся в многолетнемерзлом состоянии.

При проектировании необходимо учитывать наличие специфических грунтов и, при необходимости, обеспечить снижение влияния свойств этих грунтов на выбор проектного решения.

Многолетнемерзлые грунты: аллювиальные, органоминеральные, элювиальные и скальные грунты.

По величине льдистости за счет видимых ледяных включений и суммарной льдистости (для песков) грунты подразделяются (ГОСТ 25100-2020):

ИГЭ 6б*, 9а*, 11а* слабольдистые ($I_i=0,01-0,15$ д.е., $I_{tot}=0,34-0,4$ д.е.), криогенная текстура массивная, атакситовая, сетчатая, слоистая

ИГЭ 6в*, 9б* льдистые ($I_i=0,23-0,25$ д.е.), криогенная текстура массивная и слоистая.

2.6 Инженерно-геологические процессы и явления

Согласно СП 115.13330.2016 [55] по оценке опасных природных воздействий на участке изысканий проявляются следующие неблагоприятные природные процессы:

- деградация многолетней мерзлоты;
- сейсмическая активность;
- подтопление и заболачивание.

Деградация многолетней мерзлоты (по материалам Тындинской мерзлотной станции.

Суровые климатические условия и сравнительно низкая температура многолетнемерзлых грунтов в рассматриваемом регионе на начальном этапе эксплуатации в значительной степени способствовали консервации многолетнемерзлых грунтов в основании насыпи.

С течением времени многолетнемерзлые грунты в основании насыпи, при сохранении первоначального уровня верхней границы мерзлоты, подверглись растеплению

и перешли от твердомерзлого в пластичномерзлое состояние, что и послужило первопричиной развития здесь медленно протекающих во времени, накапливающихся год от года осадок ж.д. пути, обусловленных как уплотнением грунтов, так и выдавливанием (разжатием) этих грунтов в стороны.

Одной из основных причин повышения первоначальной температуры вечномерзлых грунтов в основании насыпей, возведенных в различных природно-климатических зонах БАМ, является формирование на поверхности земляного полотна более высоких температур, чем температура вечномерзлых грунтов на глубине нулевых амплитуд в естественных условиях. Другой важнейшей причиной растепления основания является проникновение (инфильтрация) атмосферных осадков в земляное полотно. Инфильтрация атмосферных осадков в тело земляного полотна, при высоте насыпей до 6,0 м из песчано-галечниковых, дресвяно-щебенистых и других дренирующих грунтов (за исключением крупнообломочного скального грунта), приводит к повышению температуры грунтов, залегающих ниже глубины слоя сезонного оттаивания, на 1,0-1,5 °С.

При высоте насыпей больше 6,0 м, отепляющий эффект инфильтрации атмосферных вод достигает 2,0 °С, что является одной из основных причин формирования таликовых зон в теле высоких насыпей, отсыпанных из хорошо дренирующих грунтов.

Широкое распространение имеют также деформации насыпей, обусловленные многолетним оттаиванием вечномерзлых грунтов в их основании под отепляющим воздействием фильтрации поверхностной воды. Первопричиной этих деформаций является отсутствие или недостаточная эффективность работы устройств поверхностного водоотвода. Деформации земляного полотна, обусловленные наличием фильтрационных потоков в его основании, протекают, как правило, крайне неравномерно и носят иногда провальный характер, что таит реальную угрозу безопасности движения поездов на участках с наличием в основании земляного полотна льдонасыщенных грунтов, и особенно - повторно-жильных льдов.

Таким образом, все изложенное выше о причинах появления деформаций земляного полотна на железных дорогах, построенных в разные периоды XX века в юго-восточной части криолитозоны России, позволяет сделать следующие выводы.

При проектировании и строительстве этих дорог не было уделено достаточного внимания вопросу организации в сложных геокриологических условиях надежного поверхностного водоотвода от земляного полотна. Запроектированные и построенные устройства (канавы, лотки, кюветы) обычно выходили из строя по истечении 3-5 лет после их сооружения.

Земляное полотно проектировалось либо без учета наличия вечномерзлых грунтов в его основании, либо же по принципу II, с учетом наличия мерзлоты, но без применения мероприятий по исключению или хотя бы частичному снижению отепляющего влияния линейных сооружений на первоначальное тепловое состояние подстилающих грунтов. Конструкции насыпей на восточной части БАМ по причине значительной «распластанности» за счет уширения основной площадки и наличия двусторонних берм оказались для этих районов наихудшим вариантом земляного полотна. Такие конструкции в природных условиях криолитозоны юго-востока страны оказывают максимальное отепляющее влияние на термику грунтов основания, способствуют деградации вечномерзлых грунтов и развитию длительных деформаций земляного полотна, срок стабилизации которых, судя по опыту эксплуатации построенных здесь ранее железных дорог, нередко длится многие десятки лет.

Деградация многолетней мерзлоты сопровождается типичными формами рельефа на прилегающей местности – формирование аласов (котловин, плоскодонных ложбин, днища которых выполнены луговой растительностью).

В то же время результаты обследования насыпей, возведенных на многочисленных марях и замаренных участках местности в северо-западном Приамурье, показывают, что в этих условиях в основании насыпей высотой до 6,0 м, отсыпанных в любое время года из любых пригодных для возведения земляного полотна грунтов и при нормально работающих водоотводных канавах, глубокого (многолетнего) оттаивания грунтов основания не наблюдается. Иногда под элементами с положительной среднегодовой температурой поверхности (южные откосы и примыкающие к ним бермы) в аномально теплые годы нулевая изотерма опускается на 10-15 см ниже верхней границы мерзлоты в естественных условиях, что сопровождается циклически повторяющимися затухающими с годами односторонними осадками земляного полотна и его расползанием.

В природно-климатических условиях северо-западного Приамурья, равно как и в граничащих с ним районах северо-восточного Забайкалья и Южной Якутии, верхняя граница мерзлоты под основной площадкой насыпей из дренирующих грунтов высотой 1,5-3,0 м остается, как правило, на уровне естественного залегания. Увеличение высоты насыпей от 3,0 до 6,0 м сопровождается подъемом поверхности залегания вечномерзлых пород под основной площадкой земляного полотна до уровня дневной поверхности в основании насыпи. При широтном направлении дороги поверхность мерзлоты с ростом высоты насыпи становится все более асимметричной.

Анализ влияния конструкции насыпей на вечномерзлые грунты позволяет утверждать, что наиболее благоприятные условия для сохранения мерзлоты в основании

существуют у насыпей, для отсыпки которых использовался не содержащий дресвы и мелкозема скальный грунт, состоящий из прочного морозостойкого камня диаметром 0,2-0,5 м. Охлаждающее воздействие скальных насыпей на термику грунтов основания в районах с умеренной снегозаносимостью, при среднегодовой мощности снега 35-40 см, по данным наблюдений, составляет от 3,0 до 5,0 °С.

Помимо насыпей, отсыпанных полностью из крупнообломочного материала, благоприятные условия для сохранения вечномёрзлых грунтов наблюдаются и в основании насыпей, отличительным элементом которых являются крупнопористые наброски на откосах из скальных грунтов.

Многолетние исследования Тындинской мерзлотной станции по оптимизации параметров скальной наброски показывают, что близкий к максимально возможному эффект охлаждения подстилающих грунтов дают крупнопористые скальные покрытия, состоящие из фракционного камня со средним диаметром обломков, равным средней многолетней толщине снега в районе строительства за ноябрь-февраль, но не менее 0,2 м. Толщина (мощность) такого покрытия должна составлять не менее $(2,5-3,0) D$, где D - средний диаметр камней в наброске.

Все вышеперечисленное в полной мере относится к обследованному участку.

Климатические условия благоприятны для сохранения многолетней мерзлоты на территории всей обследуемой площадки.

Тем не менее, в основании обследованных участков насыпей подходов по результатам обследования установлена повсеместная деградация мерзлого состояния.

По результатам допостроечных изысканий, выполненных институтом Мосгипротранс в 1976г., в геологическом строении площадки проектируемого мостового перехода (в пределах глубины исследования 15,0м) принимают участие аллювиальные и элювиальные отложения, находящиеся с глубины 0,8-1,1м в многолетнемерзлом состоянии (мерзлота сливающего типа).

В кровле аллювиальных отложений, под слоем супеси с примесью органического вещества, было установлено наличие жильного льда мощностью от 1,35м до 2,40м.

На основании сопоставления материалов изысканий института Мосгипротранс, выполненных в 1976г., и результатов обследования 2007г. и 2014г., установлено понижение верхней границы многолетнемерзлой толщи:

- слой жильного льда мощностью 2,4м;
- слой жильного льда мощностью 1,35м;
- слой жильного льда мощностью 1,8м.

В целом, площадка мостового перехода с подходными насыпями находится в пределах протяженного подруслового талика, ориентированного в меридиональном направлении.

На участке подруслового талика – деградация многолетней мерзлоты, обусловленная главным образом влиянием подруслового потока.

Подрусловой поток, по результатам допостроечных изысканий, выполненных институтом Мосгипротранс в 1976г., мог формироваться исключительно в период с положительными температурами воздуха, носил кратковременный характер и не оказывал влияния на деградацию многолетней мерзлоты (мерзлота сливающего типа).

Насыпь отсыпана в 1983 году воинской частью № 25473.

Первые сведения о деформации земляного полотна датированы 28.11.1990г. – деформации происходят из-за оттаивания многолетнемерзлых грунтов основания, наличия грунтов 2-4 категории и недостаточного уплотнения грунтов тела насыпи (паспорт неустойчивого или деформирующегося земляного полотна – форма ПУ-9).

В дальнейшем, в период с 12.04.2010г. по 03.10.2013г. отмечаются сезонные (апрель-май и сентябрь-октябрь) осадки пути из-за протаивания льдистых грунтов основания насыпи и заиливание русла водоотводных сооружений.

Весенние осадки пути из-за протаивания льдистых грунтов основания насыпи составляют 10-20мм, осенние – 50мм.

Глубина заиливание русла водоотводных сооружений 60см (постоянная).

На разрезе по оси моста приведено положение поверхности земли и кровли многолетнемерзлых пород по оси пути до строительства железной дороги (в 1976г.).

При инженерно-геологическом обследовании 2007г. и 2014г. установлена повсеместная деградация многолетней мерзлоты, обусловленная круглогодичным отепляющим влиянием обширного подруслового потока.

Подрусловой поток сформировался в результате неудовлетворительного состояния водоотводных сооружений (фильтрация поверхностных вод в основание насыпи).

Водоотводная канава в правом подножии насыпи до выпуска в ручей Извилистый не спроектирована. На всем ее протяжении отмечаются замкнутые понижения (участки застоя воды в весенне-осенний период).

На основании сопоставления абс. отметок дна канавы выделены участки застоя воды в весенне-осенний период. Поступление воды под насыпь происходит с обеих сторон от насыпи, т. к. пазуха между автомобильной и железной дорогой также заболочена, в кювете автомобильной дороги в теплый период года стоит вода (рисунок 3).

Такие же замкнутые понижения (участки застоя воды в весенне-осенний период) отмечаются в водоотводной канаве.



Рисунок 4 - Застой воды в пазухе между автомобильной и железной дорогой.

На площадке строительства выполнено инженерно-геологическое районирование по величине относительной осадки мерзлых грунтов и типу основания.

Сейсмическая активность

Обследуемый участок находится в сейсмическом районе.

Сейсмичность района (СП 14.13330.2018 [59]) 6 баллов - карта А (10 %), 7 баллов- карта В (5 %) и 8 баллов- карта С (1 %) - пункт Февральск (3016км).

С учетом комплекта карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-2015), сейсмическая интенсивность района по шкале MSK-64 для средних грунтовых условий и трех степеней сейсмической опасности составляет 6 баллов – карта А (10%), 7 баллов – карта В (5%) и 8 баллов – карта С (1%).

Уровень ответственности сооружения (мост железнодорожный, подходные насыпи) – повышенный, категория ответственности по негативным последствиям землетрясений (мост железнодорожный, подходные насыпи) - II (карта В).

Категории грунтов по сейсмическим свойствам приняты с учетом таблицы 5.1 СП 14.13330.2018 [59]. Категории грунтов по сейсмическим свойствам, в т.ч. многолетнемерзлые грунты при строительстве и эксплуатации по принципу II - допускается оттаивание грунтов основания и с сохранением грунтов основания в мерзлом состоянии по принципу I.

Климатические условия благоприятны для сохранения многолетней мерзлоты на территории всей обследуемой площадки строительства.

Тем не менее, в основании обследованных участков насыпей подходов установлена деградация многолетней мерзлоты (понижение кровли), вызванная неудовлетворительным состоянием водоотводных сооружений.

Учитывая, что климатические условия благоприятны для сохранения многолетней мерзлоты, в целом грунты, слагающие площадку строительства, оцениваются как грунты II категории по сейсмическим свойствам; грунты, отнесенные к III категории, в пределах верхней 30-метровой толщи имеют суммарную мощность менее 10м (СП 14.13330.2018 – табл.5.1, примечание 2) - строительство и эксплуатация по I принципу.

Сейсмичность площадки строительства составляет 7 баллов (СП 14.13330.2018, табл.5.1).

Учитывая развитие процесса деградации многолетней мерзлоты (понижение кровли) на участке работ, в целом грунты, слагающие площадку строительства моста, оцениваются как грунты III категории по сейсмическим свойствам; грунты, отнесенные к II категории, в пределах верхней 30-метровой толщи имеют суммарную мощность менее 10м (СП 14.13330.2018 – табл.5.1, примечание 5) - строительство и эксплуатация по II принципу.

В этом случае сейсмичность площадки строительства моста составит 8 баллов (СП 14.13330.2018, табл.5.1). Вывод – необходим комплекс мероприятий, направленных на сохранение грунтов основания в многолетнемерзлом состоянии.

Уточнение сейсмичности площадки строительства выполнено по результатам геофизических исследований (сейсмическое микрорайонирование), проведенного одновременно с полевыми буровыми работами на сопряженной территории.

По результатам сейсмического микрорайонирования максимальное суммарное приращение сейсмической интенсивности на площадке исследования относительно эталонных грунтов составляет минус 0,36 балла.

Расчетная сейсмичность площадки строительства составляет 6,64 балла (при строительстве и эксплуатации по принципу I) и 7,64 (при строительстве и эксплуатации по принципу II). Поэтому наиболее устойчивое основание сооружения будет при строительстве и эксплуатации по принципу I.

Подтопление и заболачивание.

В пределах обследуемой территории выделен один район по условиям развития процесса подтопления: район I-A - подтопленный в естественных условиях; по времени развития процесса – постоянно подтопленный участок - I-A-1.

Появление воды на участках насыпей подходов зафиксировано на глубине 0,4-2,2м (абс. отм. 319,10-321,95м). В подмостовом русле вода встречена у поверхности земли.

Источником подтопления являются атмосферные осадки (дождевые и талые воды) и поверхностные воды ручья.

Близкое залегание подземных вод и отсутствие стока (в пределах замкнутых пониженных участков) приводит к заболачиванию территории с участками открытой воды. С поверхности на участке распространены органоминеральные и органические грунты.

Долина ручья Извилистый с правой стороны от моста и подходных насыпей заболочена. По типу питания болото низинное (питание подземными и поверхностными водами). Торф на обследуемой площадке мостового перехода встречен только на участках местности, прилегающих к насыпи с левой стороны (в подошве насыпи не вскрыт). Мощность его изменяется от 0,1м до 2,7м.

Прогноз изменения уровня подземных вод с учетом паводкового уровня ручья Извилистый принят с учетом гидрометеорологических изысканий (34-0/2732/ДКРС-Хаб/СГТП – ИГМ, технический отчет, том 4):

- расчетный уровень воды 0.33 %-ной обеспеченности в створе моста (УВВ 0.33%) составляет 321,93 м.
- расчетный подпертый уровень воды 0.33%-ной обеспеченности на участках насыпей подходов (ПУВВ 0.33%) составляет 322,45м.

В паводковый период прогнозируется подъем уровня подземных вод в пределах долины ручья (подмостовое русло) с выходом на поверхность, их слияние с поверхностными водами и затопление до абсолютных отметок:

- в подмостовом русле – 321,93м,
- на участках насыпей подходов (участок местности, прилегающей к насыпи справа) – 322,45м.

Аккумуляция воды в пределах деятельного слоя повышает степень морозоопасности грунтов.

Категории опасности процессов, согласно СП 115.13330.2016 [55]:

- деградация многолетней мерзлоты – весьма опасный;
- сейсмическая активность – опасный (при строительстве и эксплуатации по принципу I) и весьма опасный (при строительстве и эксплуатации по принципу II).
- подтопление и заболачивание – опасный.

Карчеход на рассматриваемом участке не зафиксирован, ледохода нет, лед тает на месте.

В декабре ручей Извилистый полностью перемерзает без формирования наледей.

2.7 Прогноз изменения инженерно-геологических условий участка

Для исключения появления техногенного водоносного горизонта необходимо в соответствии с СП 116.13330.2012 [56] соблюдать следующие рекомендации:

- надлежащая организация стока поверхностных вод в период строительства;
- сохранение естественного дренирования территории;
- устройство защитной гидроизоляции подземных частей здания, сооружений и коммуникаций;
- осуществление организационных, эксплуатационных и конструктивно – технологических мероприятий для предупреждения утечек из водопроводящих сооружений (водопроводные и канализационные сети);
- своевременное благоустройство территории и строительство ливневой канализации.

По землетрясениям, территория изысканий оценивается как опасная. Исследованная территория по сейсмическим характеристикам, инженерно-геологическим условиям с учетом прогнозного уровня, оценивается по ОСР-2015 для карты А в 7 баллов. Площадная пораженность территории составляет 100 % (табл. 5.1 СП 115.13330.2016).

2.8 Инженерно-геологическое районирование участка работ

Районирование участка изысканий выполнено на основе оценки типа естественных оснований (СП 32-104-98 табл. 4.4) по условиям их увлажнения и прочности грунтов основания [65].

При этом учитывалось, что климатические условия благоприятны для сохранения многолетней мерзлоты за пределами талика. Существующее земляное полотно на обследованном участке представлено насыпью. Основная площадка плохо спланирована. На всем участке у насыпи отсыпана двухсторонняя берма из щебня.

Высота насыпи в пределах основной площадки составляет (с учетом осадки пути из-за протаивания льдистых грунтов основания насыпи):

- левый берег ручья Извилистый – 14,3-15,2м;
- правый берег ручья Извилистый – 12,0-13,4м.

Тело насыпи сложено щебенистым грунтом средней степени водонасыщения (ИГЭ 3б). Грунт неоднородный, слабовыветрелый, прочный. Нижняя часть насыпи обводнена.

В процессе эксплуатации железной дороги проводились досыпки насыпи галечниковым грунтом (ИГЭ 2б) до первоначального контура (осадка пути из-за протаивания льдистых грунтов основания насыпи).

В результате в пределах основной площадки сформировался слой галечникового грунта мощностью 1,4-1,9м, на откосах насыпи образовались балластные шлейфы из галечникового грунта с балластным щебнем мощностью 0,4-0,5м. Грунты тела насыпи по водопроницаемости по СП 32-104-98 п. 4.3 подразделяются на дренирующие и не дренирующие грунты (таблица 5) [65].

Таблица 5 - Данные опытных работ по одиночной откачке

Номер ИГЭ	Содержание частиц размером менее 0,1мм, %	Коэффициент фильтрации, м/сут	Заключение по СП 32-104-98
1а	-	60	Дренирующий
2б	2,6	30	Дренирующий
3б	9,1	15	Дренирующий
3в	10,7	15	Недренирующий

В целом, тело насыпи сложено дренирующими грунтами.

Грунт ИГЭ 3в залегает в нижней части насыпи, при деградации мерзлоты произошло вдавливание грунта насыпи в глинистые грунты оттаявшего основания.

Согласно п.6.4 ГОСТ 12248.10-2020 [22] проводятся испытания для определения относительного сжатия и суммарной величины осадки при оттаивании многолетнемерзлых ИГЭ составляет:

- ИГЭ 6б* - 0,29д.е. и 0,39м.,
- ИГЭ 6в* - 0,34д.е. и 0,48м.,
- ИГЭ 9а* - 0,27д.е. и 1,03м.,
- ИГЭ 11а* - 0,15д.е. и 0,56м.,
- ИГЭ 12б* - 0,04д.е. и 0,18м.

Согласно ВСН 61-89 и Рекомендаций по проектированию земляного полотна железных дорог в районах вечной мерзлоты для ОАО «РЖД» тип основания и категория просадочности многолетнемерзлых грунтов обследованного участка при оттаивании:

- ИГЭ 6б* - III (основание слабое),
- ИГЭ 6в* - III (основание слабое),
- ИГЭ 9а* - III (основание слабое),
- ИГЭ 11а* - III (основание слабое),
- ИГЭ 12б* - II (недостаточно прочное).

Климатические условия благоприятны для сохранения многолетней мерзлоты на территории всей обследуемой площадки [92].

На обследованной территории выделены два участка по распространению мерзлоты:

- участок с мерзлотой сливающегося типа. Фактическое положение кровли многолетнемерзлых грунтов выше глубины сезонного оттаивания - местность, прилегающая к земляному полотну слева;
- участок с мерзлотой несливающегося типа (подрусловой талик). Фактическое положение кровли многолетнемерзлых грунтов ниже глубины сезонного оттаивания - местность, прилегающая к земляному полотну справа - заболоченная, с участками застоев воды (на участках насыпей подходов кровля многолетнемерзлых грунтов находится в подошве насыпи и ниже подошвы насыпи).

В целом, площадка мостового перехода с подходными насыпями находится в пределах протяженного подруслового талика, ориентированного в меридиональном направлении.

На участке подруслового талика – деградация многолетней мерзлоты, обусловленная главным образом влиянием подруслового потока.

По результатам обследования составлена карта инженерно-геологического районирования участка работ (лист 5).

Северная подходная насыпь (до моста):

- в основании центральной части насыпи распространены грунты II категории по просадочности с величиной относительной осадки от 0,07 до 0,08 д. ед. (район 1 – основание недостаточно прочное).
- в основании откосных частей насыпи и на прилегающей местности распространены грунты III категории по просадочности с величиной относительной осадки от 0,13 до 0,35 д. ед. (район 2 – основание слабое).

Южная подходная насыпь (за мостом):

- в основании насыпи и на прилегающей местности распространены грунты III категории по просадочности с величиной относительной осадки от 0,13 до 0,35 д. ед. (район 2 – основание слабое);
- в основании левой откосной части насыпи и на прилегающей местности распространены грунты II категории по просадочности с величиной относительной осадки от 0,07 до 0,08 д. ед. (район 1 – основание недостаточно прочное).

Мостовой переход:

- опоры 0 и 1 – свайный фундамент в верхней части заглублен в грунты II категории по просадочности с величиной относительной осадки от 0,07 до 0,08 д. ед. (район 1 – основание недостаточно прочное);
- опоры 2 и 3 – свайный фундамент заглублен в грунты III категории по просадочности с величиной относительной осадки от 0,15 до 0,35 д. ед. (район 2 – основание слабое).

Таким образом, в пределах основной площадки, выделены следующие типы основания:

- левый берег ручья Извилистый - основание мокрое слабое;
- правый берег ручья Извилистый – основание мокрое недостаточно прочное.

3 ПРОЕКТ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

3.1 Определение сферы взаимодействия сооружения с геологической средой и расчетной схемы основания

Сфера взаимодействия – это объем грунта, на который воздействует сооружение, в результате чего происходит изменение температурного, влажностного и напряженного состояния грунта, который влияет на устойчивость сооружения. Сфера взаимодействия может быть определена тогда, когда:

1. Определено точное местоположение проектируемого сооружения.
2. Разработаны его конструкции и режим эксплуатации (таблица 6).
3. Выявлены и изучены геологическое строение участка и его гидрогеологические условия.

На данном участке проектируется реконструкция опоры моста на свайном фундаменте. Конструкция опоры представляет собой группа погруженных в грунт буроопускных свай (диаметром 1м), объединенных сверху монолитной железобетонной плитой, называемой ростверком.

Техническая характеристика сооружения представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Сведения и данные о проектируемых объектах

Наименование сооружения	Уровень ответственности	Габариты ростверка в плане, м	Конструкция сооружения	Тип фундамента	Длина свай, м	Нагрузка на сваю
Опора	I (повышенный)	41*8 м	Столбчатые опоры	Свайный	17	До 3000 кН

Согласно п. 5.1.10 СП 354.1325800.2017 [66], количество и глубину разведочных скважин следует назначать исходя из необходимости получения достоверных данных, требуемых для обоснованного принятия рациональных конструктивно-технологических

решений фундаментов опор с учетом сложности мерзлотных и гидрологических условий в месте проектируемого мостового перехода. Проектируемая реконструкция будет проведена по I принципу.

Согласно таблице 6.1.2 СП 493.1325800.2020 [69] глубина инженерно-геологических выработок в зависимости от типов фундаментов, состояния грунтов и принципов использования их в качестве оснований. Таким образом, глубина скважины должна быть на 5 м глубже нижнего торца свай, на основании условий проектирования и технического задания (длина свай 17 м), принцип проектирования I, глубина скважины принимается 22 м.

На листе 3 графического приложения показана расчетная схема основания с обоснованием данных, необходимых для расчета несущей способности.

3.2 Обоснование видов и объемов работ

Объемы и виды проектируемых работ определяются типом сооружения, этапом исследований, сложностью инженерно-геологических условий с действующими нормами. Обязательными видами работ на основании действующих нормативных документов, а именно, СП 493.1325800.2020 [69], СП 24.13330.2011[62], СП 25.13330.2012 [63], зависимо от уровня ответственности объектов строительства и типов свайных фундаментов, являются бурение скважин, лабораторные исследования и полевые исследования грунтов.

Таким образом, проектируются следующие виды работ:

- сбор и обработка материалов изысканий;
- топогеодезические работы;
- буровые работы;
- полевые опытные работы;
- опробование;
- лабораторные исследования грунтов, подземных вод;
- камеральная обработка материалов и составление технического отчета.

Сбор и обработка материалов изысканий и исследований прошлых лет

Сбор и обработку материалов изысканий и исследований прошлых лет необходимо выполнять для каждого этапа подготовки проектной документации, с учетом результатов сбора на предшествующем этапе п. 5.2 СП 11-105-97 Часть IV [54] и СП 446. 1325800.2019 [67].

В состав материалов, подлежащих сбору и обработке, следует включать сведения о климате, гидрографической сети района исследований, характере рельефа, геоморфологических особенностях, геологическом строении, гидрогеологических

условиях, геологических, инженерно-геологических и криогенных процессах, физико-механических свойствах грунтов, составе подземных вод, для районов с распространением многолетнемерзлых пород:

- глубины сезонного промерзания и оттаивания,
- средней годовой температуре грунтов,
- условиях залегания повторно-жильных и пластовых льдов,
- криогенных процессах и образованиях.

Возможность использования результатов инженерно-геологических изысканий прошлых лет регламентировано согласно таблицы 6.1 СП 47.13330.2016 [68]. Данный проект реализуется на основании ранее проведенных инженерно-геологических изысканий [85].

Топогеодезические работы

Выноска горных выработок проводится топографо-геодезической службой.

Инженеры-геодезисты, выезжая на местность, проводят планово-высотную разбивку территории, измеряют абсолютные отметки намеченных скважин и их координаты, для построения геологических разрезов и инженерно-геологических карт. Топографо-геодезические работы планируется выполняться электронным тахеометром Nikon XS 5'' OP (рис.5).



Рисунок 5- Тахеометр Nikon XS 5'' OP [94].

Рекогносцировочное обследование, включая маршрутные наблюдения

Маршрутные наблюдения следует осуществлять: по направлениям, ориентированным перпендикулярно к границам основных геоморфологических элементов и ландшафтных комплексов с разнородными геокриологическими условиями, контурам геологических структур и тел, простиранию пород, тектоническим нарушениям; участкам с

проявлениями геокриологических и других геологических и инженерно-геологических процессов; вдоль элементов эрозионной и гидрографической сети; по намечаемым положениям трасс линейных сооружений.

Буровые работы

Проходка горных выработок осуществляется с целью:

- установления инженерно-геокриологического разреза и условий залегания грунтов и подземных вод;
- определения глубин залегания ММГ, их сезонного оттаивания и промерзания;
- изучения температурного режима, мощности мерзлых грунтов и характера их залегания, состава и криогенного строения, выявления и оконтуривания повторно-жильных и пластовых льдов, криопэгов, исследования геокриологических процессов и явлений;
- отбора образцов грунтов с последующим определением их состава, состояния, криогенного строения и свойств, а также проб подземных вод для их химического анализа;
- проведения полевых исследований свойств мерзлых грунтов, определения гидрогеологических параметров водоносных горизонтов и зоны аэрации и выполнения геофизических исследований;
- выявления и оконтуривания участков распространения таликовых зон, специфических грунтов и зон проявления геокриологических процессов.

Намечаемые в программе изысканий способы бурения скважин должны обеспечивать высокую эффективность бурения, необходимую точность установления границ между слоями грунтов (отклонение не более 0,25-0,50 м), возможность изучения состава, состояния и свойств грунтов, их текстурных особенностей [19].

В соответствии с п. 6.2.1 СП 493.1325800.2020 [69], расстояния между инженерно-геологическими скважинами в зависимости от сложности инженерно-геокриологических условий и уровня ответственности проектируемых сооружений. Таким образом по сложности условий III, уровень ответственности I (повышенный), расстояние между скважинами необходимо принять 10м.

Общее количество горных выработок в пределах контура опоры должно быть не менее трех на основании таблицы 6.1.2 СП 493.1325800.2020 [69].

Схема расположения проектируемого сооружения и проектных скважин представлена на листе 2 графических приложений. В соответствии со схемой расположения проектных работ необходимое количество скважин – 3. Глубину горных выработок при

изысканиях для сооружения следует назначать в зависимости от типов фундамента, состояния, состава, температуры, льдистости грунтов и принципов использования в качестве основания [54].

Глубина выработок принята 22 м, общий объем бурения составляет 66 м.

Полевые опытные работы

Полевые опытные работы позволяют изучать свойства грунтов в условиях их естественного залегания.

Полевые исследования грунтов выполняют в соответствии с ГОСТ 30672-2012 [44]. Выбор методов полевых исследований грунтов следует осуществлять в зависимости от решаемых задач, состава, строения и состояния изучаемых грунтов, категории сложности и степени изученности инженерно-геологических условий, глубины заложения и типов проектируемых фундаментов, уровня ответственности зданий и сооружений. Полевые исследования грунтов рекомендуется сочетать с другими методами определения свойств грунтов для выявления взаимосвязи между характеристиками, определяемыми различными методами.

Для определения плотности грунта в естественных условиях применяют метод лунки по ГОСТ 28514-90 [41]. Метод распространяется на пылеватые, глинистые, песчаные, крупнообломочные грунты. Метод заключается в установлении отношения массы пробы грунта к его объему при условии, что из слоя испытательного грунта отбирают пробу необходимого объема, которую замещают однородной средой с известной плотностью (рис.6).



Рисунок 6- Пескозагрузочный аппарат [96].

Термометрические наблюдения в каждой скважине по ГОСТ 25358-2020 [35]. предназначена для измерения температуры грунтов в скважинах при проведении полевых и стационарных исследований температурного режима грунтов в процессе инженерных

изысканий для строительства и мониторинга температурных полей грунтовых оснований инженерных сооружений, в том числе в районах распространения мерзлых грунтов (рис.7).



Рисунок 7- Термокоса ТК 5/10/11 [98].

Каждая термокоса маркируется (например, ТК 5/10/11), где первая цифра обозначает расстояние от разъема до первого датчика, «хвост», «выброс» (ТК 5/х/х), вторая – «рабочая длина», расстояние от первого до последнего датчика (ТК х/10/х), третья – количество датчиков (ТК х/х/11).

Опробование

Отбор образцов грунта, упаковка, доставка в лабораторию и хранение производится в соответствии с требованиями ГОСТ 12071-2014 [5], воды – ГОСТ 31861-2012 [45].

Опробование должно быть достаточное для достоверного определения геолого-литологических условий участка проектируемого строительства.

Отбор проб грунтов должен выполняться таким образом, чтобы согласно ГОСТ 20522-2012 [33] лабораторных наблюдений было не менее 10 для физических показателей и не менее 6 – для механических свойств грунтов.

Числовой характеристикой опробования является шаг и интервал опробования.

Интервал опробования определяется следующим образом:

$$n = H_{ср} / N * \text{кол-во скважин} (2)$$

где n - интервал опробования, м,

$H_{ср}$ – средняя мощность инженерно-геологического элемента, м,

N – необходимое количество образцов.

Таблица 7 - Интервалы опробования ИГЭ

Номер ИГЭ	Интервал для физических характеристик	Интервал для механических характеристик
ИГЭ-1а	0,1	0,1
ИГЭ-2б	0,45	0,75
ИГЭ-3б	2,4	2,6
ИГЭ-3в	0,7	0,8
ИГЭ-6б	0,5	0,5
ИГЭ-6б*	0,4	0,65
ИГЭ-6в*	0,2	0,3
ИГЭ-9а*	1,8	1,0

Необходимое количество образцов и частных значений характеристик грунтов указано в таблице 8.

Таблица 8 – Необходимое количество образцов и частных значений характеристик грунтов

№ ИГЭ	Природная (суммарная) влажность	Влажность на границе раскатывания	Влажности на границе текучести	Плотность грунта	Плотность частиц грунта	С, угол внутреннего трения	Степень пучинистости	Гранулометрический состав	Касательные силы пучения	Сопротивление сдвигу по поверхности смещения	Предел прочности на одноосное сжатие	Количество образцов	
												Монолиты	Образцы нарушенной структуры
ИГЭ-1а	10	-	-	-	10	-		10	6	-	-	-	10
ИГЭ-2б	10	-	-	-	10	-		10	6	-	-	-	10
ИГЭ-3б	10	-	-	-	10	-		10	6	-	-	-	10
ИГЭ-3в	10	-	-	-	10	-		10	6	-	-	-	10
ИГЭ-6б	10	10	10	10	10	6	6	10		6		10	-
ИГЭ-6б*	10	10	10	10	10	6	6	10		6		10	-
ИГЭ-6в*	10	10	10	10	10	6	6	10		6		10	-
ИГЭ-9а*	10	10	10	10	10	6	6	10		6	6	10	-
ВСЕГО	80	40	40	40	80	24	24	80	24	24	6	40	40

Всего планируется отобрать:

- проб нарушенной структуры – 40 проб;
- проб ненарушенной структуры – 40 монолитов.

Кроме того, проектом предусмотрен отбор 3 проб воды для проведения стандартного химического анализа с определением агрессивной углекислоты (из каждого встреченного водоносного горизонта отбираются не менее трех проб воды).

А также с глубины 0,5, 1,0, 2,0 и 3,0 м отбираются пробы для определения коррозионной агрессивности грунтов к алюминию, свинцу, железу и бетону.

Лабораторные исследования

Лабораторные исследования образцов мерзлых грунтов и подземных вод следует осуществлять в соответствии с СП 11-105-97 часть IV [53].

В соответствии с действующими нормативными документами следует выполнять лабораторные исследования свойств грунтов для определения:

- классификационных показателей мерзлых грунтов (влажность, плотность, гранулометрический состав, льдистость, засоленность, температура начала замерзания, содержание органического вещества);
- физико-механических свойств мерзлых грунтов (прочностных);
- физико-механических свойств оттаивающих грунтов, в том числе осадки при оттаивании;
- теплофизических свойств грунтов.

Лабораторные исследования свойств грунтов следует выполнять в соответствии с ГОСТ 30416-2012 [42], ГОСТ 12248.8-2020 [20], ГОСТ 12248.10-2020 [22].

Лабораторные исследования химического состава подземных вод и водных вытяжек выполняют:

- для определения разновидности подземных вод по физическим свойствам и химическому составу;
- оценки влияния подземных вод на развитие геологических и инженерно-геологических процессов;
- оценки степени засоленности грунтов;
- оценки степени агрессивного воздействия подземных вод и грунтов на материалы конструкций, находящихся в зоне взаимодействия с подземными водами.

По данным о химическом составе подземных вод и грунтов выполняют оценку степени их агрессивного воздействия на конструкции из бетона и арматуру железобетонных конструкций согласно СП 28.13330.2017 (приложение В) [58]. При этом рекомендуется учитывать сезонное изменение химического состава подземных вод и, как следствие, изменение их агрессивности (выщелачивающая агрессивность подземных вод обычно возрастает в паводковый период, а сульфатная агрессивность – зимой).

Проектом предусмотрены следующие виды лабораторных работ на основании требований п. 5.1.6 СП 354.1325800.2017 [66]:

- влажность грунта;
- истираемость в полочном барабане;

- касательные силы пучения;
- влажность заполнителя;
- плотность и плотность частиц грунта;
- гранулометрический состав;
- влажность на границах раскатывания и текучести, число пластичности и показатель текучести для глинистых грунтов и глинистого заполнителя крупнообломочных грунтов;
- сопротивление мерзлого грунта сдвигу по поверхности смерзания;
- предел прочности на одноосное сжатие;
- определение коррозионной агрессивности грунтов: к стали, свинцовым оболочкам и ж.б;
- стандартный химический анализ подземных вод и их коррозионная активность.

Все объемы работ указаны в таблице 9.

Камеральная обработка

Камеральная обработка материалов осуществляется в процессе проведения полевых работ и после их завершения и выполнения лабораторных исследований в соответствии с СП 446.1325800.2019 (пункт 5.16) [66].

Технический отчет по результатам инженерных изысканий в районах распространения ММГ должен соответствовать СП 47.13330.2016 (подпункт 6.2.2.3) [67] и дополнительно содержать:

- сведения о тепловых нагрузках на территорию, опыт местного строительства, включая состояние и эффективность инженерной защиты, характер и причины деформаций оснований зданий и сооружений (если они имеются и установлены), построенных с применением одного из принципов использования грунтов в качестве оснований;
- качественный прогноз возможных изменений инженерно-геокриологических условий во времени и в пространстве – состава, состояния и свойств грунтов, рельефа, подземных вод, геокриологических процессов, а также изменений температуры грунтов оснований в зоне теплового и механического взаимодействия проектируемого объекта и на прилегающей территории.

Таблица 9 – Объемы проектируемых работ

Наименование работ	Единица измерения	Проектируемые работы	Методика определения
Подготовительные работы			
Рекогносцировочное обследование и маршрутные наблюдения	км	0,5	СП 11-105-97
Предварительная разбивка и планово-высотная привязка геологических выработок	точка	3	СП 317.1325800.2017
Полевые работы			
Колонковое бурение скважин диаметром до 160 мм	скв./пог.м	3/66	РСН 74-88
Термометрические наблюдения	скв	3	ГОСТ 25358-2020
Отбор монолитов связных грунтов	монолит	40	ГОСТ 12071-2017
Отбор проб нарушенной структуры	проба	40	
Отбор проб воды	проба	3	ГОСТ 31861-2012
Определение плотности методом лунки	проба	40	ГОСТ 28514-90
Лабораторные исследования			
Определение природной влажности	определений	80	ГОСТ 5180-2015
Определение влажности на границе раскатывания	определений	40	
Определение влажности на границе текучести	определений	40	
Определение плотности грунта	определений	40	
Определение плотности частиц грунта	определений	80	
Определение льдистости	определений	80	
Определение гранулометрического состава	определений	80	
Истираемость в полочном барабане	определений	40	Методика ДальНИИС
Определение содержания органических примесей	определений	80	ГОСТ 23740-2016
Касательные силы пучения	образец	24	ГОСТ Р 56726-2015
Определение степени засоленности легко- и среднерастворимыми солями	определений	40	ГОСТ 27753.4-88
Испытание мерзлого грунта методом одноосного сжатия (для определения Rc)	определений	6	ГОСТ 12248.9 -2020
Метод компрессионного сжатия для определения коэффициента оттаивания Alh и сжимаемости при оттаивании m)	определений	18	ГОСТ 12248.10 -2020

Наименование работ	Единица измерения	Проектируемые работы	Методика определения
Степень пучинистости	образец	24	ГОСТ 28622-2012
Одноплоскостной срез по поверхности смерзания	определений	24	ГОСТ 12248.8 -2020
Коррозионная агрессивность грунтов к углеродистой и низколегированной стали, бетону и железобетону	проба	12	ГОСТ 9.602-2016, СП 28.13330.2017
Стандартный химический анализ подземных вод	проба	3	
Камеральные работы			
Технический отчет	отчет	1	СП 446.1325800.2019 п.5.16 ГОСТ 21.301-2014

3.3 Методика проектируемых работ

3.3.1 Топографо-геодезические работы

Плановая и высотная привязка геологических выработок планируется выполнить методом полярной съемки с пунктов опорной геодезической сети электронным тахеометром «XS 5” OP». Высоты определяют тахеометрическим методом. Точки проведения работ закрепляться на площадке вешками с сигнальной лентой.

Вычисление координат и высот пунктов должно осуществляться в программном комплексе обработки инженерных изысканий «CREDO».

По окончании работ предоставляется каталог координат. Выполнение инженерно-геодезических изысканий как отдельно, так и в составе инженерно-геологических изысканий.

3.3.2 Буровые работы

Проектом предусматривается бурение 3 скважин глубиной по 22 м с отбором образцов нарушенного и ненарушенного сложения. Общий метраж бурения составляет 66 м.

В основу разработки типовых конструкций инженерно-геологических скважин положены следующие принципы:

1. Конструкции скважин должны отвечать современному состоянию производства изысканий и возможному их техническому прогрессу;
2. Конструкции скважин должны исходить или, по крайней мере, учитывать существующие нормативно-методические документы;
3. Конструкции скважин в известном смысле должны учитывать современное техническое оснащение буровыми станками.
4. Конструкции скважин должны учитывать возможность применения самых прогрессивных способов бурения;

5. Конструкции скважин должны способствовать повышению экономической эффективности буровых работ и инженерно-геологических изысканий в целом.

Выбор конструкции скважины

Выбор способа и разновидности бурения скважин следует производить исходя из целей и назначения выработок с учетом условий залегания, вида, состава и состояния грунтов, крепости пород, наличия подземных вод и намечаемой глубины изучения геологической среды. При этом выбранный способ бурения должен обеспечивать удовлетворительное качество инженерно-геологической информации о грунтах и достаточно высокую производительность.

Для бурения скважин будет использоваться колонковый способ бурения без применения промывочных жидкостей. Колонковое бурение – это один из наиболее распространенных способов проходки скважин. К его основным преимуществам относится универсальность, т.е. возможность проходки скважин почти во всех разновидностях горных пород, возможность получения керна с незначительными нарушениями природного сложения грунта. Сравнительно большие глубины бурения, наличие крупного парка выпускаемых промышленностью высокопроизводительных буровых станков как самоходных, так и стационарных, так и стационарных, хорошая освоенность технологии бурения. Бурение без применения промывочных жидкостей – наиболее распространенная разновидность колонкового бурения при изысканиях.

По классификации горных пород по буримости, представленной в учебном пособии Ребрика Б.М. «Бурение инженерно-геологических скважин» грунты имеют разные категории буримости, указанные в табл.1 «Бурение инженерно-геологических скважин», Ребрик Б.М. [82].

Выбор способа бурения

Основные факторы, определяющие выбор буровой установки – целевое назначение, глубина бурения, конечный диаметр скважин, характер и свойства проходимых грунтов, природные условия местности. Выбираемая буровая установка должна быть в достаточной степени эффективной технологически и экономически, обладать хорошей транспортабельностью.

Для бурения скважин при изысканиях широко используется современная установка ПБУ-2 (рисунок 8).

Проходку горных выработок следует осуществлять, как правило, механизированным способом. Выбор вида горных выработок, способа и разновидности бурения скважин следует производить исходя из целей и назначения выработок с учетом условий залегания, вида, состава и состояния грунтов, крепости пород, наличия подземных вод и намечаемой глубины изучения геологической среды [83].

Для данного геологического разреза можно применить типовую конструкцию скважины II типа группы «б».

Конструктивные особенности приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Конструкция скважины

Вид скважины по диаметру	Тип скважины	Группа скважин	Глубина скважин, м	Диаметр скважин, мм	Число колонн обсадных труб	Особенности геологического разреза	Вид изысканий и характер использования скважин
Малого диаметра	II	б	7-30	108-168	1	Неустойчивые породы, требующие закрепления большей части интервала скважины	Инженерно- геологическое и гражданское строительство

В процессе буровых работ производится замер уровней воды всех встреченных водоносных горизонтов с отбором проб воды на химический анализ (не менее 3х из каждого горизонта).

Конструкция скважины показана на листе 4 графических приложений.

Выбор буровой установки осуществляем в соответствии с выбранным способом бурения и выбранной конструкцией скважины. Для проходки скважин выбран станок ПБУ-2 на базе автомобиля «КАМАЗ. Диаметр бурения 151 мм.



Рисунок 8 – Буровая установка ПБУ-2 на базе автомобиля «КАМАЗ»

Буровая установка ПБУ-2 с механическим приводом подвижного вращателя - предназначена для решения задач при инженерно-геологических изысканиях и реализовывает все технологии бурения с отбором проб грунта.

ПБУ-2 обеспечивают ударно-канатное бурение с применением забивных стаканов и грунтоносов, колонковое и бескерновое «всухую» / с промывкой / с продувкой, ударно-вращательное (пневмоударники), шнековое, бурение с применением шурфобуров, а также производят статическое и динамическое зондирование грунтов.

Данная установка имеет различные варианты монтажа на транспортные базы: колесные – КАМАЗ (в т.ч. двухрядная кабина), УРАЛ, ЗИЛ-131 (АМУР), МАЗ, гусеничные транспортеры ТГМ-126, МТЛБу, тракторы ТТ-4 и ТЛТ-100А, санное основание, понтоны и др. Варианты привода – от палубного двигателя или от транспортной базы.

ПБУ-2 монтируется на собственной раме с приводом от автономного дизельного двигателя, что дает возможность её монтажа на передвижных средствах, не имеющих собственного двигателя, или на которых невозможен отбор мощности.

Подвижный вращатель с механическим приводом в сочетании с мощным гидравлическим механизмом подачи позволяют создавать значительную осевую нагрузку на породоразрушающий инструмент с первых метров бурения. Конструкция вращателя обеспечивает возможность его отвода в сторону от оси скважины для выполнения спускоподъемных операций, установки обсадных колонн и реализации технологии ударно-канатного бурения с использованием буровой лебедки. Органы управления ПБУ-2 расположены у основания мачты на раме установки. Для удобства управления установка комплектуется съемной площадкой оператора бурения. Предусмотрены гидравлические домкраты.

Технические характеристики буровой установки приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики буровой установки ПБУ-2

Условная глубина бурения, м:	
С промывкой	120
С продувкой	100
Шнеками	60
Шнековым буром	25
При ударно-канатном бурении	50
Диаметр бурения, макс., мм:	
Конечный диаметр бурения с промывкой, мм	190,5
Конечный диаметр бурения с продувкой, мм	190,5
Диаметр бурения шнеками, мм	400
Диаметр бурения шнековым буром, мм	850

Диаметр бурения при ударно-канатном бурении	168
Частота вращения бурового снаряда, об/мин	90, 180
Максимальный крутящий момент, Н·м	6000
Ход подачи вращателя, мм	3100
Скорость подъема бурового снаряда, м/с	0-1,1
Рабочее давление в гидросистеме, МПа	16
Грузоподъемность гидроцилиндра подъема мачты, Н (кгс)	58800 (6000)
Максимальная грузоподъемность лебедки, кгс	2000
Усилие на подъем, кг	4600
Усилие на подачу вниз, кг	2600
Габаритные размеры в транспортном положении, мм	
КамАЗ	8700x2500x3680
Габаритные размеры в рабочем положении, мм	
КамАЗ	8700x2500x6780
Масса установки, кг	Не более 10100 (13800)

Породоразрушающий инструмент

Для работ будет использоваться ребристый тип коронок (коронки типа СМ5). Коронка типа СМ5 предназначена для бурения пород II-IV категорий по буримости с прослойками более твердых пород (глин, слабосцементированных песчаников, глинистых алевролитов, мергелей, неплотных известняков и т.д.). Башмак на обсадной трубе диаметром 146 мм, включает коронку диаметром 151 мм. После глубины 12,0 м бурение осуществляется обуревающим грунтоносом диаметром 127 мм.

Бурильные трубы

Данные трубы служат для спуска бурового снаряда в скважину, передачи вращения породоразрушающему инструменту с поверхности от вращателя станка, передачи осевой нагрузки на забой скважины, подъема бурового снаряда из скважины, транспортировки керна и ликвидации аварий.

Проектируется использование стальных бесшовных труб СБТ МЗ 50.

Технология бурения

Колонковый способ бурения без применения промывочных жидкостей («всухую») – это вращательное бурение кольцевым забоем скважин малого диаметра в породах малой твердости последовательными рейсовыми углублениями. Данный способ бурения в основном осуществляется твердосплавным породоразрушающим инструментом (коронками), с заменой инструмента после подъема снаряда, с передачей крутящего момента с помощью бурильных труб вращателем подвижного типа, без дополнительного рабочего механизма, с низкой частотой вращения. Кроме того, процесс бурения колонковым способом осуществляется без принудительного удаления продуктов разрушения, с получением керна и с отведением последнего путем затирки «всухую» и транспортированием в колонковой трубе, с закреплением стенок обсадными трубами [5].

Обычно оно ведется укороченными рейсами (длина рейса не превышает 0,8-1,5 м). Параметры режима бурения устанавливают следующие: частота вращения инструмента 20-60 об/мин для предотвращения оттаивания грунтов, осевая нагрузка на забой 3-6 кН. Заклинивание керн проводят затиркой, для чего необходимо последние 0,05-0,1 м рейса пройти с повышенной осевой нагрузкой на забой. Механическая скорость колонкового бурения «всухую» в зависимости от грунтов колеблется от 0,05 до 0,5 м/мин, производительность обычно не превышает 20 м/смену.

3.3.3 Опробование

Отбор образцов грунта, упаковка, доставка в лабораторию и хранение производится в соответствии с требованиями ГОСТ 12071-2014 [5], воды – ГОСТ 31861-2012 [45].

Образцы нарушенного сложения отбирают из инструмента, которым углубляют скважину; для отбора образцов ненарушенного сложения применяют специальные устройства – грунтоносы. В соответствии с ГОСТ 12071-2014 для глинистых грунтов твердой, тугопластичной, мягкопластичной консистенции используются обуривающий грунтонос ГО-1Н.

Ликвидация скважины

Ликвидация скважины производится по индивидуальному плану работ. Конкретный порядок действий по ликвидации скважины устанавливается техническими службами бурового предприятия с учетом конкретных условий ликвидации скважины.

При разработке плана на ликвидацию скважины необходимо учитывать следующие положения:

Ликвидацию необходимо выполнять путем заполнения скважин породой, извлеченной на поверхность в процессе бурения. После завершения ликвидационных работ необходимо составить акт, в котором указывается количество ликвидируемых скважин.

3.3.4 Полевые опытные работы

Метод лунки может использоваться в данном проекте для определения плотности грунта в полевых условиях. Испытания проводятся по ГОСТ 28514-90 [41]. Метод может применяться для пылевидных, глинистых, песчаных и крупнообломочных грунтов. Сущность метода заключается в установлении отношения массы пробы грунта к его объему при условии, что из слоя испытательного грунта отбирают пробу необходимого объема, которую заменяют однородной средой с известной плотностью.

На поверхности подлежащего испытанию слоя разравнивают площадку, соответствующую размерам листа основания, и на эту поверхность помещают лист

основания и закрепляют его, исключая возможность смещения. Под круглым отверстием листа выкапывают лунку с примерно вертикальными стенками таким образом, чтобы избежать нарушения естественного сложения.

Глубина лунки должна обеспечивать минимальный объем пробы в соответствии с ГОСТ 28514-90 п.2.4. Извлеченный из лунки грунт тщательно собирают и измеряют его массу. Полностью наполненный песком пескозагрузочный аппарат массой (при закрытой задвижке) помещают на лист основания, расположенный над лункой, затем, открыв задвижку, высыплют песок в лунку. Как только визуальное движение песка прекращается, закрывают задвижку и, сняв аппарат, измеряют его массу.

3.3.5 Лабораторные работы

Природная влажность, влажность на границах текучести и раскатывания, плотность грунта, плотность частиц грунта, определение плотности методом взвешивания в воде определяется по ГОСТ 5180-2015 [47].

Влажность грунта определяется методом высушивания до постоянной массы. Опыт проводится следующим образом: отбирают пробу грунта массой 15–50 г и помещают в высушенный, взвешенный и пронумерованный бюкс, затем плотно закрывают крышкой.

Грунт в закрытом бюксе взвешивают. После взвешивания бюкс открывают и вместе с крышкой помещают в нагретый сушильный шкаф. Грунт высушивают до постоянной массы при температуре $105 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 5 ч. Высушенный грунт в бюксе охлаждают в эксикаторе с хлористым кальцием до комнатной температуры и взвешивают.

Влажность границы текучести следует определять методом пенетрации конусом Васильева (рис.9), как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой балансирный конус погружается под действием собственного веса за 5 с на глубину 10 мм [47].



Рисунок 9-Конус Васильева [79].

Влажность границы пластичности следует определять методом раскатывания в жгут, как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой паста, раскатываемая в жгут диаметром 3 мм, начинает распадаться на кусочки длиной 3–10 мм [47].

Плотность частиц грунта определяется отношением массы частиц грунта к их объему пикнометрическим методом (рис.10).



Рисунок 10-Пикнометры [80].

Плотность грунта определяется методом взвешивания в нейтральной жидкости [42].

Определение гранулометрического (зернового) состава грунта проводится согласно ГОСТ 12536-2014 [28] ситовым методом (рис.11). Определение гранулометрического состава грунта заключается в его разделении на фракции и установлении их процентного содержания. Крупные фракции разделяются ситами с соответствующими ячейками (фракции более 0,1 мм).



Рисунок 11 - Рассев грунта на разные фракции [28].

Прочность на одноосное сжатие определяется по ГОСТ 12248.9-20 [21]. Сущность метода заключается в определении условно-мгновенного сопротивления одноосному сжатию R_{oc} проводят для расчета напряжения на каждой ступени нагружения при определении предельно длительного сопротивления нормальному давлению R_c (рис.12).



Рисунок 12 - АСИС Про для испытания мерзлых грунтов методом одноосного сжатия [96].

Испытание мерзлого грунта методом компрессионного сжатия по ГОСТ 12248.10-2020 [22] проводят для определения в пластично-мерзлых грунтах коэффициента оттаивания и сжимаемости при оттаивании (рис.13).

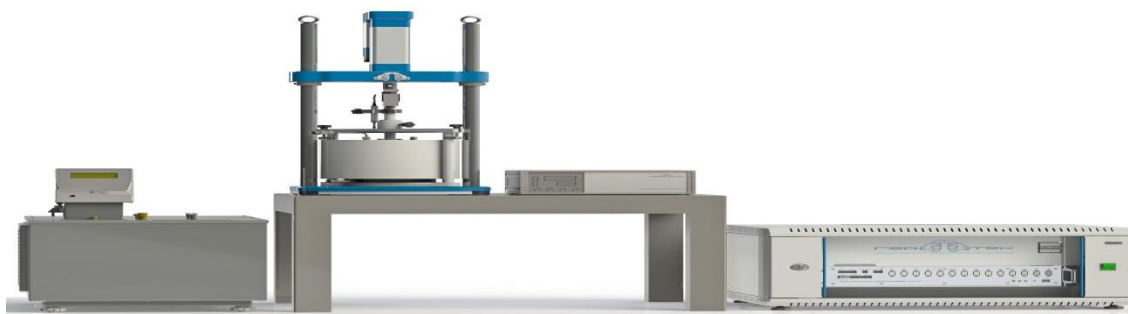


Рисунок 13 - Комплекс АСИС Про для испытания мерзлых грунтов методом компрессионных испытаний [89].

Для испытуемых образцов грунта должны быть определены основные классификационные показатели и тип криогенной текстуры по ГОСТ 25100-2020 [37]. Суммарная влажность, суммарная льдистость, льдистость за счет видимых ледяных включений определяются по формулам ГОСТ 5180-2015 [47].

Степень засоленности легко- и среднерастворимыми солями по ГОСТ 27753.4-88 [40]. Сущность метода заключается в измерении удельной электрической проводимости водной вытяжки из тепличных грунтов с помощью кондуктометра.

Содержания органических веществ по ГОСТ 23740-2016 [36]. Растительные остатки необходимо выделить из средней пробы грунта воздушно-сухого состояния и определить их относительное содержание в процентах.

Коррозионная агрессивность грунтов к бетону и железобетону по СП 28.13330.2017 [63].

Определение коррозионной агрессивности грунтов по отношению к углеродистой и низколегированной стали, алюминиевой и свинцовой оболочки определяется по ГОСТ 9.602-2016 [44]. Измерения осуществляются в четырех ячейках с грунтом, в трех ячейках измеряется средняя плотность катодного тока, в четвертой – удельное электрическое сопротивление грунта.

Коррозионная агрессивность к стали определяется на приборе ПИКАП-М к алюминиевой и свинцовой оболочке кабеля и бетону, и железобетону определяется из водной вытяжки грунта реактивами по следующим показателям: pH, содержание хлор-иона, нитрат-ионов, общее содержание железа, общую жесткость, количество водорастворимых органических веществ. На основе этих данных определяют коррозионную активность грунтов (рис.14).

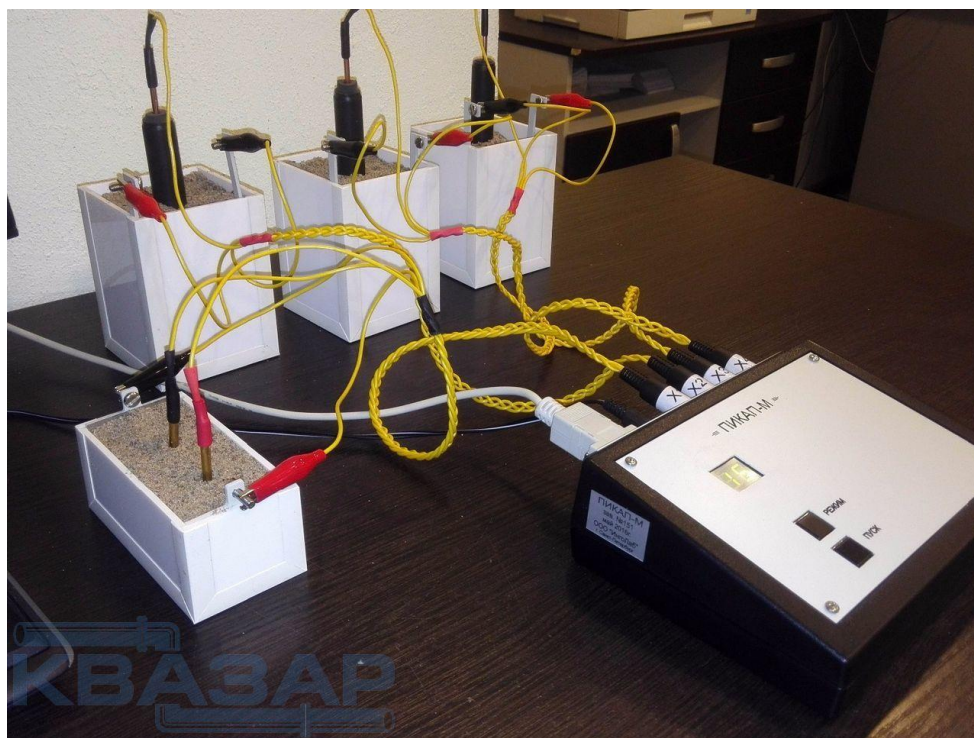


Рисунок 14 - Анализатор коррозионной активности ПИКАП-М [90].

Определения степени морозного пучения грунтов (рис.15) определяется по ГОСТ 28622-2012 [42] на приборе автоматизированный ГТ 1.1.12 (линейка оборудования АСИС серия «Стандарт»).



Рисунок 15-Прибор для определения степени морозного пучения автоматизированный ГТ 1.1.12 [92].

Истираемость (износ) щебня (гравия) определяют по потере массы зерен при испытании проб в полочном барабане, определение истираемости проводится на полочном барабане КП-123 (рис.16). Методика ДальНИИС [89].



Рисунок 16-Полочный барабан КП-123[92].

Одноплоскостной срез по поверхности смерзания ГОСТ 12248.8-2020 [20]. Испытания методом одноплоскостного среза по поверхности смерзания проводят для определения следующих характеристик: сопротивления срезу (при необходимости угла внутреннего трения и удельного сцепления с) мерзлого грунта, грунтового раствора и льда по поверхности их смерзания с материалом фундамента или другим твердым материалом.

Прибор одноплоскостного среза для испытания мерзлых грунтов автоматизированный ГТ 1.2.14 (рис.17).



Рисунок 17 - Прибор автоматизированный ГТ 1.2.14 [93].

Определение касательных сил морозного пучения определяется по ГОСТ 56726-2015 [51]. Сила, действующая по боковой поверхности фундамента в процессе подъема промерзающего грунта, обусловленная сопротивлением смерзания и трения его с промерзающим грунтом. Касательные силы морозного пучения грунта следует определять по значению устойчивого сопротивления сдвигу образца мерзлого грунта относительно поверхности образца фундамента, полученному по результатам испытаний в устройстве, обеспечивающем срез грунта по поверхности смерзания с постоянной скоростью перемещения.

3.3.6 Камеральные работы

Камеральная обработка материалов должна быть выполнена в соответствии с СП 446.1325800.2020 п. 5.16 [66]. Камеральные работы необходимо осуществлять в процессе производства полевых работ (текущую, предварительную) и после их завершения и выполнения лабораторных исследований (окончательную камеральную обработку и составление технического отчета или заключения о результатах инженерно-геологических изысканий).

Текущую обработку материалов необходимо производить с целью обеспечения контроля за полнотой и качеством инженерно-геологических работ и своевременной корректировки программы изысканий в зависимости от полученных промежуточных результатов изыскательских работ. Составление отчета проводится согласно требованиям ГОСТ 21.301-2014 [34].

3.3.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Инженерно-геологические изыскания на объекте работ выполняются в соответствии с «Правилами техники безопасности при геологоразведочных работах» и организационно-техническим предписанием по охране труда и технике безопасности, а также в соответствии с требованиями СНиП 12-03-2001 Часть 1, СНиП 12-04-2002 Часть 2.

3.3.8 Производственная безопасность

В результате проведения инженерно-геологических изысканий (этап полевых и лабораторных работ) человек подвергается воздействию различных опасностей, под которыми обычно понимают явления, процессы, объекты способные в определенных условиях наносить ущерб здоровью человека непосредственно или косвенно. Эти опасности принято называть опасными и вредными производственными факторами. Все опасные и вредные производственные факторы, формирующиеся при проведении инженерно-геологических изысканий представлены в таблице в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 [6].

Таблица 12 - Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при проведении инженерно-геологических изысканий

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Архивы	Полевые/ лабораторные работы	Обработка данных	
1. Неудовлетворительный микроклимат		+/+	+	ГОСТ 12.2.003-91 [17] ГОСТ 12.2.062-81 [19] ГОСТ 12.3.009-76 [23] ГОСТ 12.4.011-89 [25] ГОСТ 12.4.125-83 [27] ГОСТ 12.1.005-88 [9] ГОСТ 23407-78 [35] ГОСТ 12.1.030-81 [13] ГОСТ 12.1.038-82 [14] ГОСТ 12.1.003-2014 [7] ГОСТ 12.4.002-97 [24] ГОСТ 12.4.024-76 [26] ГОСТ 12.1.007-76 [10] ГОСТ 12.1.004-91 [8] ГОСТ 12.1.045-84 [15] СанПиН 2.2.4.3359-16 [73] ГОСТ 12.1.012-2004 [11] ПУЭ [77]
2. Повышенный уровень шума и вибрации		+/		
3. Тяжесть физического труда		+/	+	
4. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования	+	+/+	+	
3. Опасность поражения электрическим током				
4. Освещенность рабочей зоны				
5. Утечки токсичных и вредных веществ в рабочую зону	+	/+	+	

Анализ выявленных вредных факторов и обоснование мероприятий по защите от их воздействия

Полевой этап

Неудовлетворительный микроклимат на открытом воздухе

На территории реконструкции моста планируется вести работы в летний период, соответственно, необходимо рассмотреть воздействие факторов микроклимата на организм человека в теплое время года.

Климат представляет собой комплекс физических параметров воздуха, влияющих на тепловое состояние организма. К ним относят температуру, влажность, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения, величину атмосферного давления. Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на самочувствие человека. Неблагоприятные метеорологические условия приводят к быстрой утомляемости, повышают заболеваемость и снижают производительность труда.

Так как полевые работы проходят в весенне-летний период, рассмотрим, к чему могут привести высокие температуры воздуха.

Климат рассматриваемой территории отличается резко выраженной континентальностью, засушливостью, зима здесь суровая, а летний сезон непродолжительный, уже в конце августа-начале сентября наблюдаются заморозки. Среднегодовая амплитуда температуры воздуха равна 40,5 °С. Многолетняя средняя годовая температура воздуха -1,5 °С.

При высоких температурах происходит перегревание организма, усиливается потоотделение, нарушается водно-солевой баланс.

Повышенный уровень шума и вибрации

При производстве инженерно-геологических изысканий на участке реконструкции моста вибрация и шум имеют крайне широкое распространение (преимущественно при эксплуатации бурового оборудования при проходке скважин).

Шум может создаваться работающим оборудованием: буровыми установками, машинами. Шум ухудшает условия труда и оказывает вредное воздействие на организм человека. Действие шума различно – от повышения утомляемости и затруднений в восприятии речи до необратимых изменений в органах слуха. Предельно допустимые уровни шума регламентируются ГОСТ 12.1.003-2014 [7].

Для уменьшения шума необходимо устанавливать звукопоглощающие кожухи, применять противозумовые подшипники, глушители, вовремя смазывать трущиеся поверхности, а также использовать средства индивидуальной защиты: наушники, ушные вкладыши.

Источником вибрации при производстве инженерно-геологических работ является буровая установка.

Предельно допустимые значения, характеризующие вибрацию, регламентируются ГОСТ 12.1.012-2004 [11].

Таблица 13 – Гигиенические нормы уровней виброскорости (ГОСТ 12.1.012- 2004) [11]

Вид вибрации	Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Технологическая	–	108	99	93	92	92	92	–	–	–	–
Локальная вибрация	–	–	–	115	109	109	109	109	109	109	109
Транспортно-технологическая вибрация	–	108	99	93	92	92	92	–	–	–	–

Тяжесть физического труда

По тяжести труда различают несколько классов, характеристики которых приведены в руководстве по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса (Р 2.2.2006-05).

В проект инженерно-геологических изысканий для реконструкции мостовой опоры предусматривается бурение скважин глубиной 22 м. Согласно табл. 17 руководства, по большинству показателей тяжести трудового процесса класс условий труда является оптимальным. По показателю 6 (наклоны комбината (вынужденные более 30°), количество за смену) – более 51, но менее 100 раз за смену – допустимый класс. По рабочей позе – класс вредный первой степени (нахождение в позе стоя до 80 % времени смены). По массе поднимаемого и перемещаемого груза вручную постоянно в течении рабочей смены – вредный класс от первой до второй степени (до 20 кг и более 20 кг соответственно).

Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования

При проведении полевых работ используются буровые станки типа ПБУ-2, трактора и автомобильный транспорт различного назначения, в связи с чем необходимо проводить мероприятия по устранению возможных механических травм. К числу которых относятся: проверка наличия защитных кожухов на движущихся и вращающихся частях машин и механизмов; плановая и внеплановая проверка пусковых и тормозных устройств; проверка состояния оборудования и своевременное устранение дефектов.

Опасность поражения электрическим током

При полевых работах на открытой местности при некоторых условиях человек может подвергаться опасности воздействия электрического тока.

Проходя около опоры линии электропередачи, человек может попасть под шаговое напряжение и подвергнуться действию тока, проходящего через ноги, если он окажется в зоне растекания тока, проходящего в землю через опору в случае замыкания провода на опору или повреждения изоляторов. Находясь под проводами линии высокого напряжения, человек может оказаться под опасным воздействием электрического поля.

При грозе появляется повышенная опасность поражения атмосферным электричеством и прямым ударом молнии. При этом происходит потеря сознания, остановка или резкое угнетение самостоятельного дыхания, часто аритмичный пульс, расширение зрачков. Наблюдается синий цвет лица, шеи, грудной клетки, кончиков пальцев, а также следы ожога. Удар молнии может привести к остановке сердца. При прекращении работы сердца и остановки дыхания наступает смерть.

Движение в грозу необходимо немедленно прекратить. Металлические предметы необходимо оставить. На равнине нельзя во время грозы стоять у отдельных деревьев, в них может попасть молния.

Лабораторно-аналитические исследования, камеральные работы ***Неудовлетворительный микроклимат***

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и температуры окружающих поверхностей.

Субъективные ощущения человека меняются в зависимости от изменения параметров микроклимата.

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений.

Для повышения влажности воздуха в помещении с ВДТ и ПК следует применять увлажнители воздуха, заправляемые ежедневно дистиллированной или кипяченой питьевой водой (можно разместить цветы или аквариум в радиусе 1,5м от компьютера).

Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) - 4,5 м². Для подачи в помещения свежего воздуха используются естественная вентиляция (проветривание) и кондиционирование [18].

Освещенность рабочей зоны

При организации рабочего места играет важную роль обеспечение рационального освещения производственных помещений.

В дневное время производственные помещения следует освещать естественным светом. Естественное освещение зависит от времени года, времени суток, облачности, интерьера помещения. Естественное освещение осуществляется боковым светом через

окна. Освещение должно обеспечиваться коэффициентом естественного освещения (КЕО) не ниже 0,5%,

В случаях, когда одного естественного освещения в помещениях недостаточно, устраивают совмещенное освещение. При этом дополнительное искусственное освещение применяют не только в темное, но и в светлое время суток [16].

В помещении предусмотрены потолочные светильники типа УСП35 с двумя люминесцентными лампами типа ЛБ-40. Для рабочих мест пользователей ПК уровень рабочей поверхности над полом составляет 0,8 м, а высота подвеса светильников - 2,4 м. Коэффициент пульсации в помещениях, оборудованных компьютерами не более 5. При этом освещённость, создаваемая светильниками общего освещения, должна составлять 10% от нормируемой, но не менее 300 -500 лк.

Располагать светильники необходимо вдоль длинной стороны помещения отдела. Расстояние между стенами и крайними рядами светильников принимается равным 1,34 м.

Значительную опасность при использовании газоразрядных ламп представляет так называемый стробоскопический эффект, который обусловлен, с одной стороны, пульсацией светового потока, с другой - зрительной инерцией, он создает травмоопасную ситуацию, увеличивает вероятность ошибок.

Утечки токсических и вредных веществ в рабочую зону

Лабораторные работы по исследованию грунтов для определения физико-механических свойств грунтов, по определению их коррозионной активности, а также химический анализ воды ведутся в специально оборудованной лаборатории, привлекаемой на подрядной основе и расположенной в г. Новосибирск.

На работу в химико-аналитические лаборатории принимаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование для решения вопроса о возможности работы в лаборатории.

Вновь поступающие на работу допускаются к исполнению своих обязанностей только после прохождения вводного инструктажа о соблюдении мер безопасности, инструктажа на рабочем месте и после собеседования по вопросам техники безопасности. Периодический инструктаж должен проводиться на рабочем месте дважды в год.

Проведение вводного инструктажа, контроль выполнения правил техники безопасности во всей лаборатории и ведение журнала инструктажа осуществляет назначенное начальником лаборатории должностное лицо, в подчинении которого находятся ответственные рабочих помещений.

Проведение химико-аналитических анализов сопровождается выделением в воздушную среду вредных веществ, которые могут вызвать профессиональные заболевания или отклонения в здоровье человека.

Опасность поражения электрическим током

Электрические установки (компьютер, принтер, оборудование для анализа проб, сканер, настольные лампы, розетки, провода и др.) представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании.

По опасности поражения электрическим током помещения с ПЭВМ, и лаборатория относятся к категории без повышенной опасности (согласно ПУЭ). В этих помещениях отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность (высокая влажность и температура, токопроводящая пыль и полы, химически активная или органическая среда, разрушающая изоляцию и токоведущие части электрооборудования).

К работе с электроустановками должны допускаться лица, прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью и выполняемой работой. Перед началом работы на электроприборе рабочий персонал должен убедиться в исправности оборудования, проверить наличие заземления, при работе с электроустановками необходимо на пол постелить изолирующий коврик [16].

Обоснование мероприятий по снижению воздействия

Полевой этап, лабораторно-аналитические исследования и камеральные работы

Неудовлетворительный микроклимат на открытом воздухе

Для профилактики перегревания и его последствий нужно:

- организовать рациональный режим труда и отдыха путем сокращения рабочего времени для введения перерывов для отдыха.
- использовать средства индивидуальной защиты (воздухопроницаемая и паропроницаемая спецодежда, головные уборы).

Повышенный уровень шума и вибрации

Для уменьшения шума необходимо устанавливать звукопоглощающие кожухи, применять противозумовые подшипники, глушители, вовремя смазывать трущиеся поверхности, а также использовать средства индивидуальной защиты: наушники, ушные вкладыши.

В качестве средств индивидуальной защиты от вибрации применяются рукавицы с прокладкой на ладонной поверхности и обувь на толстой мягкой подошве [27].

3.3.9 Тяжесть физического труда

Для облегчения тяжелого физического труда используется автоматизация, и правильная организация рабочего времени. Проведя анализ вредных факторов, действующих на рабочего в период полевых работ, можно сделать вывод о соответствии рабочего места принятым нормам.

Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования

Для защиты от данных опасных факторов используются коллективные средства защиты – устройства, препятствующие появлению человека в опасной зоне.

Согласно ГОСТ 12.2.062-81 [19] ограждения выполняются в виде различных сеток, решеток, экранов и кожухов. Они должны иметь такие размеры и быть установлены таким образом, чтобы в любом случае исключить доступ человека в опасную зону. При устройстве ограждений должны соблюдаться определенные требования. Запрещается работа со снятым или неисправным ограждением.

В качестве профилактических мер планируется систематически производить проверку наличия защитных ограждений на движущихся и вращающихся частях машин и механизмов; плановую и внеплановую проверку пусковых и тормозных устройств; проверку состояния оборудования и своевременное устранение дефектов ГОСТ 12.2.003-91 [17].

При проведении работ по опробованию необходимо соблюдать технику безопасности, так как отбор проб будет осуществляться с помощью специальных инструментов (колонок, шнек). Основная опасность заключается в том, что, зацепившись телом или одеждой за острую кромку или заусенец инструмента можно получить травму вплоть до смертельного исхода. Основными мерами предосторожности являются: соблюдение всех требований правил техники безопасности при работе с инструментами; соблюдение формы одежды (все пуговицы на одежде должны быть застегнуты, полы одежды не должны болтаться); периодическая проверка технического состояния используемых при отборе проб инструментов, повышенное внимание на рабочем месте.

Опасность поражения электрическим током

Во время полевых работ в рамках проведения инженерно-геологических изысканий для реконструкции мостовой опоры возможна гроза. В качестве мероприятия необходимо движение в грозу немедленно прекратить. Металлические предметы необходимо оставить. На равнине нельзя во время грозы стоять у отдельных деревьев, в них может попасть молния.

В период проведения лабораторных и камеральных работ, помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации. Не следует размещать

рабочие места с ПЭВМ вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ.

Во избежание несчастных случаев от действия электрического тока применяются основные правила безопасного пользования электроэнергией:

- не устраиваются временные электропроводки;
- не пользуются самодельными электронагревательными приборами, инструментом;
- постоянно следят за исправным состоянием электропроводки, распределительных щитков, выключателей, ламповых патронов, а также шнуров, при помощи которых электроприборы включаются в электросеть;
- замену ламп производят только при отключении выключателя.
- заземлением металлических и электропроводных элементов оборудования;
- увеличением поверхностей и объемной проводимости диэлектриков;
- установкой нейтрализаторов статического электричества.

Утечки токсических и вредных веществ в рабочую зону

Мероприятиями для соблюдения норм работы лаборатории является использование средств индивидуальной защиты и обеспечение безопасной концентрации вредных веществ в воздухе. Все работающие в лаборатории должны быть обеспечены необходимой спецодеждой и средствами индивидуальной защиты согласно ПНД Ф 12.13.1-03 «Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях» [76].

Средства индивидуальной защиты:

- при работе в химической лаборатории необходимо надевать халат из хлопчатобумажной ткани.
- для защиты рук от действия кислот, щелочей, солей, растворителей применяют резиновые перчатки. На перчатках не должно быть порезов, проколов и других повреждений. Надевая перчатки, следует посыпать их изнутри тальком.
- для защиты глаз применяют очки различных типов, щитки, маски [24].

Для обеспечения поддержания в воздухе безопасной концентрации вредных веществ, здания и помещения лабораторий должны быть устроены и оборудованы в соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами.

Экологическая безопасность

Проблема охраны окружающей среды и геологической среды, в частности, весьма актуальна. При производстве полевого этапа инженерно-геологических изысканий для

реконструкции моста проходятся горные выработки, которые нарушают естественное состояние геологической среды.

Особенно это очень часто выражается в нарушении и загрязнении подземного стока грунтовых вод, являющихся основным источником водоснабжения и т.п.

Для предотвращения подобных явлений при производстве работ необходимо максимально снизить возможность загрязнения геологической среды продуктами ГСМ, полимерными добавками к промывочным жидкостям и т.п.

После завершения работ все горные выработки необходимо ликвидировать путем их засыпки песком и последующей затрамбовкой во избежание просадок поверхности земли, которые в свою очередь могут привести к развитию разного рода экзогенно-геологических процессов (оврагообразование, заболачивание, термокарст и т.д.).

При производстве работ в лесном массиве необходимо соблюдать правила пожарной безопасности, а также не допускать загрязнения природы бытовыми и техническими отходами.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация - неожиданная, внезапно возникшая обстановка на определенной территории в результате аварии, катастрофы опасного природного явления, стихийного или иного бедствия, которые могут привести к человеческим жертвам, ущербу здоровья людей или окружающей природной среде, материальным потерям и нарушению условий жизнедеятельности людей.

Исходя из классификации чрезвычайных ситуаций, на территории промплощадки возможны пожары (взрывы) в зданиях, на коммуникациях и технологическом оборудовании промышленных объектов; пожары (взрывы) на объектах добычи; переработки; хранения горючих и легковоспламеняющихся веществ.

3.3.9.1 Землетрясения

По данным сейсмического районирования, территория проектируемой реконструкции (по пункту г. Февральск) расположена в зоне опасности 6-, 7-, 8-балльных землетрясений (карты ОСР-2015) и может подвергнуться весьма опасным природным процессом согласно СП 115.13330.2016 "Геофизика опасных природных воздействий".

Территория проектируемой реконструкции характеризуется 7 балльной зоной.

В сейсмоопасных зонах необходимо заблаговременное проведение специальных мероприятий с целью снижения размеров катастрофических последствий от периодически происходящих землетрясений. Они, проявляясь непредсказуемо, сопровождаются разрушениями зданий, сооружений под воздействием возникающих при этом инерционных нагрузок.

Вместе с тем разрушительные последствия землетрясений могут быть прогнозированы и, следовательно, имеется возможность не только заблаговременно подготовиться и их ликвидации, но и провести, также заблаговременно, комплекс организационных и инженерно-технических мероприятий по уменьшению объемов возможных разрушений, человеческих жертв.

Инженерно-технические мероприятия:

- сейсмостойкое строительство и ограничение строительства потенциально опасных объектов (ПОО) в сейсмоопасных районах с возможной интенсивностью землетрясений 7 – 9 баллов. Обязательным условием сейсмостойкого строительства является тщательный контроль за соблюдением строительных норм и правил;
- рациональное размещение и рассредоточение объектов при строительстве.

Организационные мероприятия:

- целенаправленная подготовка формирований, предназначенных для аварийно-спасательных работ, оснащение их современной поисковой аппаратурой и средствами механизации работ;
- организация постоянного контроля за сейсмической обстановкой, включающего проведение сейсмического мониторинга, а также прогнозирование возможных землетрясений.
- поддержание в постоянной готовности системы оповещения и информации об угрозе землетрясения и его возникновении, включая мобильные средства;
- подготовка населения к действиям в условиях землетрясения проводится на общих основаниях. Спецификой при этом является детализация обучения населения правилам поведения в различных условиях: подготовительные мероприятия при отсутствии землетрясения; действия при наличии прогноза и при внезапном возникновении землетрясения; действия после землетрясения.

Меры безопасности в чрезвычайных ситуациях

Общие требования пожарной безопасности к объектам защиты различного назначения на всех стадиях их жизненного цикла регламентируются Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности [74].

Требуемый уровень обеспечения пожарной безопасности людей с должен быть не менее 0,999999 % предотвращения воздействия опасных факторов в год в расчете на каждого человека, а допустимый уровень пожарной опасности для людей должен быть не более 10-6 воздействия опасных факторов пожара, превышающих предельно допустимые значения, в год в расчете на каждого человека.

По пожарной и взрывной опасности, (согласно НПБ 105-03) [74], помещения с ПЭВМ, и лаборатория относятся к категории В1-В4 (пожароопасные): твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б (в помещениях преобладает деревянная мебель и пол).

К зданиям, в которых расположены лаборатория и помещения с ПЭВМ, предъявляются следующие общие требования [9]:

- наличие инструкций о мерах пожарной безопасности;
- наличие схем эвакуации людей в случае пожара;
- система оповещения людей о пожаре.

Все работники должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа.

В помещении с ПЭВМ имеются электрические приборы, которые могут стать причиной возникновения пожара, а также деревянная мебель, пластиковые жалюзи, способные поддержать возникший пожар. Для предотвращения возникновения подобных случаев и обеспечения правильных действий во время пожара существует «Инструкция о мерах пожарной безопасности для офисов». Данная инструкция содержит информацию об общих требованиях пожарной безопасности, требованиях безопасности перед началом работы, вовремя и после окончания работы; регламентирует действия рабочих и служащих в случае пожара; в ней описаны средства пожаротушения и порядок их применения. Требования безопасности во время работы предполагают следующее [19]:

- постоянно содержать в чистоте и порядке свое рабочее место;
- проходы, выходы не загромождать различными предметами и оборудованием;
- не подключать самовольно электроприборы, исправлять эл. сеть и предохранители;
- не пользоваться открытым огнем в служебных и рабочих помещениях;
- не курить, не бросать окурки и спички в служебных и рабочих помещениях;
- не накапливать и не разбрасывать бумагу и другие легковоспламеняющиеся материалы, и мусор;
- не хранить в столах, шкафах и помещениях ЛВЖ (бензин, керосин и др.);
- не пользоваться электронагревательными приборами в личных целях с открытыми спиралями;
- не оставлять включенными без присмотра электрические приборы и освещение;

- не вешать плакаты, одежду и другие предметы на электророзетки, выключатели и другие электроприборы.

В лаборатории имеются 2 огнетушителя ОП-3 и 1 огнетушитель ОУ-5

Помещение лаборатории должно соответствовать требованиям пожарной безопасности [23]. Требования и условия пожарной безопасности по совместному хранению веществ и материалов изложены в «Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности» [23]. Существенно снизить вероятность возникновения внутри производственных помещений вторичных пожаров и взрывов, ущерб от которых значительно выше, чем потери от первичных взрывов, позволяют сбросные трубопроводы, которые используются для отвода продуктов горения в безопасное место, например, в приемную буферную емкость или за территорию цеха.

После окончания работы все производственные помещения должны тщательно осматриваться лицом, ответственным за пожарную безопасность.

Все работники предприятия допускаются к работе только после прохождения противопожарного инструктажа, а при изменении специфики работы проходится дополнительное обучение по предупреждению и тушению возможных пожаров.

Противопожарный инструктаж на предприятии проводит главный инженер, на которого приказом по предприятию возложены эти обязанности. О проведении противопожарного инструктажа делают запись в журнале регистрации противопожарного инструктажа с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

Пожарная безопасность регламентируется «Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности», регламентами, строительными нормами и правилами, межотраслевыми типовыми правилами пожарной безопасности, отраслевыми правилами пожарной безопасности, инструкцией пожарной безопасности применяемой на рассматриваемом предприятии, а с 1 января 1985 г. введен в действие Кодекс РФ об административных нарушениях, где сведены конкретные составы административных правонарушений не несущие уголовной ответственности, виды, размеры взысканий; указаны лица и органы уполномоченные рассматривать дела об указанных нарушениях.

3.3.10 Выводы по разделу

При проектировании инженерно-геологических изысканий под реконструкцию моста необходимо руководствоваться законодательными и нормативными актами Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, строительными нормами и правилами, государственными стандартами Российской Федерации, сводами правил, а также иными федеральными нормативными документами, регулирующими деятельность в области производства инженерных изысканий.

Соблюдение техники безопасности труда при производстве инженерно-геологических изысканий является неотъемлемой частью всего комплекса работ.

Следует отметить, что не соблюдение правил безопасности ведения работ влечет за собой негативные последствия для жизни и здоровья человека.

Каждая организация уделяет особое внимание на соблюдение этих норм и правил, а также социальную поддержку работников компании.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Цель данного раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» заключается в экономическом планировании и оценке ресурсоэффективности разработки проекта инженерно-геологических изысканий мостового перехода на 3079км Дальневосточной железной дороги.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ конкурентоспособности;
2. Произвести оценку технологического проекта при помощи SWOT-анализа;
3. Выполнить организацию производства проектируемых работ;
4. Рассчитать сметную стоимость проектируемых работ;
5. Рассчитать экономическую эффективность проекта.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Для анализа потребителей результатов проекта необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок– сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем проект. В свою очередь, сегмент рынка– это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

В зависимости от категории потребителей (коммерческие организации, физические лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования. Например,

для коммерческих организаций критериями сегментирования могут быть: месторасположение; отрасль; выпускаемая продукция; размер и др.

Из выявленных критериев целесообразно выбрать два наиболее значимых для рынка. На основании этих критериев строится карта сегментирования рынка.

Например, для реализации нашего проекта, сегментировать рынок услуг предлагается по двум критериям: по инновационным разработкам и наличию современных технологий у компании и комплексного подхода к решению задач проекта (рис.18).

		Инновационные разработки	
		Уникальная разработка	Стандартные методики
Комплексность работы	Комплекс		
	ИГИ*		
	Бурение скважин и полевые испытания		
* - ИГИ – инженерно-геологические изыскания			
Росжелдорпроект		Геотехника	Геоструктура

Рисунок 18 - Карта сегментирования рынка услуг по разработке проекта

В приведенном примере карты сегментирования показано, какие ниши на рынке услуг по разработке проекта не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок. Выбирают, как правило, два-три сегмента, на которые и направляют максимальные усилия и ресурсы предприятия. Как правило, выбирают сегменты со сходными характеристиками, которые будут формировать целевой рынок.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);

- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки с помощью оценочной карты. Для этого отберем две организации, осуществляющих деятельность отдельно в сфере инженерных изысканий (условно Бк1) и в сфере геоэкологического мониторинга (условно Бк2). Третья организация (Бф) осуществляет деятельность в сфере инженерных изысканий, но в качестве продукта предлагает комплексный подход – построение карт геоэкологического районирования на основании выполненных собственными силами инженерных изысканий.

Позиция продукта каждой организации оценивается по показателям экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумму должны составлять 1.

Среди технических критериев оценки ресурсоэффективности выделим следующие:

Повышение производительности труда пользователя. По данному критерию организация Бф проигрывает, т.к. комплексность работ снижает производительность, а специализация ее увеличивает.

Удобство в эксплуатации. Для заказчика комплексный подход всегда предпочтителен, поэтому организация Бф выигрывает у конкурентов.

Энергоэкономичность. Комплексность всегда ведет к экономии энергозатрат, организация Бф получает более высокую оценку.

Надежность. По данному критерию организация Бф уступает, т.к. комплексность, учитывая предпроектный этап работ, снижает надежность расчетов.

К экономическим критериям оценки эффективности отнесем следующие:

Конкурентоспособность продукта. Комплексный продукт более конкурентоспособен, этим организация Бф выигрывает у конкурентов.

Цена. При создании комплексного продукта возможности для оптимизации материальных затрат больше, Бф получает более высокую оценку.

Срок выполнения работ. При создании комплексного продукта возможности для оптимизации временных затрат больше (за счет независимости от исходных данных, которые находятся в рамках одной организации), Бф получает более высокую оценку.

Уровень проникновения на рынок. Новому продукту только предстоит занять место на рынке, в то же время существующие продукты уже занимают на рынке определенное место. Бф получает меньшую оценку.

Полученные результаты сведем в таблицу 1. В строке «Итого» указана сумма всех конкурентоспособностей по каждой организации.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в таблице 14.

Таблица 14 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,10	4,00	5,00	5,00	0,40	0,50	0,50
2. Удобство в эксплуатации	0,10	5,00	3,00	3,00	0,50	0,30	0,30
3. Энергоэкономичность	0,10	5,00	4,00	4,00	0,50	0,40	0,40
4. Надежность	0,26	4,00	5,00	5,00	1,04	1,30	1,30
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,11	5,00	4,00	3,00	0,55	0,44	0,33
2. Цена	0,15	5,00	4,00	4,00	0,75	0,60	0,60
3. Срок выполнения работ	0,13	5,00	4,00	4,00	0,65	0,52	0,52
4. Уровень проникновения на рынок	0,05	3,00	5,00	5,00	0,15	0,25	0,25
Итого	1,00				4,54	4,31	4,20

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_{i, (2)}$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Конкурентоспособность разработки составила 4,54, в то время как двух других аналогов 4,31 и 4,2 соответственно. Результаты показывают, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как удобство эксплуатации для потребителей, цена и энергоэкономичность.

4.2.1 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-

исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 15 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность	Сл1. Необходимость наработки клиентской базы
	С2. Более низкая стоимость по сравнению с конкурентными предложениями	Сл2. Снижение надежности за счет комплексности
	С3. Более сжатые сроки выполнения по сравнению с конкурентными предложениями	Сл3. Необходимость приобретения специального программного обеспечения
	С4. Комплексность (клиенториентированность)	Сл4. Необходимость дополнительного обучения сотрудников
Возможности: В1. Появление спроса со стороны проектных организаций	При развитой клиентской базе проектная организация будет обеспечена большим количеством заказов. Не высокая затратность на выполнения комплекса услуг позволит расширить штат.	При снижении конкурентоспособности подобных разработок и при появлении спроса на новые может появиться возможность использования данной НИР в компаниях, использующих традиционные методы
В2. Сокращение сроков проектирования		
В3. Благоприятная ситуация на рынке (не занятость ниши)		
В4. Использование возможности по привлечению молодых специалистов		
Угрозы: У1. Введение дополнительных государственных требований к определенным видам деятельности (запрещение их совмещения)	В силу того, что в данной разработке используется более новая информация наряду со старой, то это может повысить спрос и конкуренцию разработки	Отсутствие финансирования ведет к невозможности получения допуска к дополнительным видам работ
У2. Повышение стоимости специального программного обеспечения		

У3. Снижение стоимости в связи с усилением конкуренции в перспективе		
У4. Увеличение налоговой нагрузки и отчислений в фонды		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа, который состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-» – слабое соответствие; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	+
	B2	+	-	+	+
	B3	0	+	+	+
	B4	-	-	-	0
Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	-	+	0	0
	У4	-	-	-	-
Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	-	-	-
	B2	0	-	+	0
	B3	+	0	+	0
	B4	0	-	0	+
Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	-	-	-
	У2	-	-	+	-
	У3	-	-	-	-
	У4	-	-	-	-

4.3 Формирование плана и графика разработки и внедрения инженерного решения

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном проекте необходим ряд специалистов для выполнения качественной работы: руководитель проекта (ГИП), инженер-геолог 1 категории, инженер-геофизик, буровой мастер, помощник бурильщика, лаборант.

Планирование работ важный этап проектирования, который позволяет распределить обязанности между исполнителями, рассчитать заработную плату сотрудников, а также выполнение работы в соответствии с договорными сроками.

Таблица 17 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания на производство инженерно-геологических изысканий (ИГИ)	Составление, согласование и утверждение технического задания	ГИП
Сбор, и обработка материалов изысканий прошлых лет	Анализ фондовых материалов, имеющихся у организации, ведомственных структурных единиц	Инженер-геолог 1 категории
Составление программы на производство ИГИ	Обоснование состава, объемов, методов и технологии выполнения ИГИ; последовательность выполнения и другие требования к выполнению ИГИ	Инженер-геолог 1 категории
Полевые работы, в т.ч. рекогносцировочное обследование	Намечать места размещения ключевых участков для проведения более детальных исследований, составления опорных геолого-гидрогеологических разрезов, определения характеристик состава, состояния и свойств грунтов основных литогенетических типов, гидрогеологических параметров водоносных горизонтов и т.п. с выполнением комплекса горнопроходческих работ, геофизических исследований	инженер-геолог 1 категории, буровой мастер, помощник бурильщика, инженер-геофизик
Лабораторные исследования грунтов и подземных вод	Определения состава, состояния, физических, механических, химических свойств грунтов, определения их нормативных и расчетных характеристик. Лабораторные исследования по определению химического состава подземных и поверхностных вод, а также водных вытяжек из глинистых грунтов необходимо выполнять в целях определения их агрессивности к бетону и стальным конструкциям, коррозионной активности к свинцовой и алюминиевой оболочкам кабелей, оценки влияния подземных вод на развитие геологических и инженерно-геологических процессов	Лаборант

Камеральная обработка	Составление технического отчета, статистическая обработка полученной информации, выдача рекомендаций для проектирования и строительства объекта	Инженер-геолог 1 категории, ГИП
-----------------------	---	---------------------------------

Основные работы выполняются инженером-геологом и руководителем проекта.

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max i}}{5}, (3)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65%.

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48, (5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу 18.

Таблица 18 – Календарный план-график проведения работ по производству инженерно-геологических изысканий

№	Вид работ	Исполнитель и	Ткi, календ. Дней	Продолжительность выполнения работ					
				Июль					Агуст
				01.07-02.07	02.07 - 07.07	08.07-09.07	10.07-14.07	15.07-08.08	09.08.-14-08
1	Разработка технического задания	ГИП/инженер-геолог	1,5						
2	Сбор, и обработка материалов изысканий прошлых лет	ГИП/инженер-геолог	4,7						
3	Составление программы	ГИП/инженер-геолог	1,8						
4	Полевые работы	буровой мастер помощник бурильщика/инженер-геофизик	4,3						
5	Лабораторные исследования	лаборант	24,7						
6	Камеральная обработка	ГИП/инженер-геолог/ инженер-геофизик	6						

На основе плана-графика можно сделать вывод, что продолжительность работ займет 45 дней. Начало работ выпадает на 1 июля и выдача готовой технической документации – 14 августа.

4.4 Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения инженерных решений

4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчёт стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3-5 % от цены). Результаты по данной статье занесём в таблицу 19.

Таблица 19 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена за ед., руб.	Количество	Затраты на материалы, руб.
Полевые работы				
Лопата	шт	715	1	715
Пробоотборник	шт	150	2	300
Мерная лента до 5 метров	шт	450	1	450
Колонковая труба, d=146 мм, длина 4 м	шт	7460	5	37300
Стрейч-пленка, ширина 500 мм	шт	450	5	2250
Полиэтиленовые бутылки, объем 2 литра	шт	12	6	72
Полиэтиленовый пакет	шт	0,8	100	80
Книжка этикетная	пачка	22	2	44
Лабораторные работы				
Колбы мерные	шт	250	10	2500
Бюксы алюминиевые	шт	30	400	12000
Химические реактивы (комплекс)	шт	2	3500	7000
Камеральные работы				
Бумага формат А4, А3	коробки	2	1950	3900
Скоросшиватель картонный	компл.	30	5	4350
Короб архивный	шт	200	4	880
Ручка шариковая	шт	20	10	2160
Скрепки	уп.	50	2	100
CD-диски	шт	9	5	45
Линейки	шт.	35	4	140
Ежедневник	шт.	300	6	1800
ГСМ	л	46,35	50	23175

Итого:	99261
--------	-------

Сумма на материальные расходы составила 99261 рубль (цены приняты для Новосибирской области).

4.4.2 Основная заработная плата исполнителей

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

Таблица 20 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель проекта	Месячный оклад (Зм), руб	Количество месяцев работы без отпуска, при 5-ти дневной недели	Действительный годовой фонд рабочего времени, раб. дни	Продол-ть работ (Тр), раб. дни	Итого
Руководитель проекта	68400	11	220	15	51300
Инженер-геолог I категории	36430	11	220	15	27322,5
Инженер-геофизик	35200	11	220	10,3	18128
Буровик	32400	11	220	4,3	6966
Помощник бурильщика	18700	11	220	4,3	4020,5
Лаборант	19230	11	220	24,7	23749,1

4.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10 - 15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы:

В таблице 21 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 21 – Заработная плата исполнителей НТИ

Исполнитель проекта	Основная заработная плата, руб.	Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб	Итого, руб
Руководитель проекта	51300	0,135	6925,5	58225,5
Инженер-геолог I категории	27322,5		3688,5	31011,0
Инженер-геофизик	18128		2447,3	20575,3
Буровик	6966		940,4	7906,4
Помощник бурильщика	4020,5		542,8	4563,3
Лаборант	23749,1		3206,1	26955,2

4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 22 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель проекта	Основная и дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент дополнительной заработной платы	Отчисления, руб
Руководитель проекта	58225,5	0,31	18049,9
Инженер-геолог 1 категории	31011,0		9613,4
Инженер-геофизик	20575,3		6378,3
Буровик	7906,4		2451,0
Помощник бурильщика	4563,3		1414,6
Лаборант	26955,2		8356,1

4.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы – это расходы на прочие затраты, не учитываемые в п.п 4.4.1 – 4.4.3, например, затраты на печать, ксерокопирование, оплата интернета и прочих услуг связи и коммуникации, электроэнергии. Величина накладных расходов определяется по формуле:

Накладные расходы – это затраты (расходы), которые нельзя прямо (без искусственного распределения) отнести на определенный объект (продукт, подразделение, канал сбыта, регион, клиент и т.п.).

Таким образом накладные расходы составляют 64601,8 рублей.

4.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 23 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Материальные затраты НТИ	99261	100000	117000
2. Специальное оборудование для научных работ	109000	109000	109000
3. Основная заработная плата	131486,1	169504	169504
4. Дополнительная заработная плата	17750,6	25425,6	25425,6
5. Отчисления на социальные нужды	46263,3	52825,9	52825,9
6. Накладные расходы (16% от суммы ст.1-5)	64601,8	71674,5	71674,5
7. Бюджет затрат	468363	529836,4	549556,4

4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (6)$$

где I_{ϕ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$ – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad (7)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов; a_i – весовой коэффициент i-го параметра;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i-го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Адекватность разработки	0,2	5	4	4
2. Простота применения	0,2	4	5	4
3. Энергосбережение	0,4	4	5	4
4. Универсальность	0,1	4	4	3
5. Способствует росту производительности труда	0,1	4	5	4
ИТОГО	1	4,2	4,7	3,8

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя.

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{Исн1}}{I_{Исн2}} (8)$$

Таблица 25 – Сравнительная эффективность разработки

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект (комплексный подход)	Аналог 1 (ИГИ без стационарных наблюдений)	Аналог 2 (только стационарные наблюдения)
1. Повышение производительности труда пользователя	0,10	4,00	5,00	5,00
2. Удобство в эксплуатации	0,10	5,00	3,00	3,00
3. Энергоэкономичность	0,10	5,00	5,00	4,00
4. Надежность	0,26	3,00	5,00	5,00
5. Конкурентоспособность продукта	0,11	5,00	4,00	3,00
6. Цена	0,15	5,00	4,00	4,00
7. Срок выполнения работ	0,13	4,00	4,00	4,00
8. Уровень проникновения на рынок	0,05	3,00	5,00	5,00
Итого:	1,00	4,15	4,41	4,20

Таблица 26 – Стоимость вариантов исполнения

Текущий проект (комплексный подход)	Аналог (ИГИ без стационарных наблюдений)	Максимальная стоимость исполнения
468363	529836,4	549556,4

Результаты расчетов сведем в таблицу 27.

Таблица 27 – Сравнительная эффективность разработки

Показатель	Текущий проект (комплексный подход)	Аналог (мониторинг)
Интегральный финансовый показатель разработки I_{ϕ}^p	0,39	0,56
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки I_m	4,15	4,41

Интегральный показатель эффективности $I_{\text{финр}}^a$	7,75	7,30
Сравнительная эффективность вариантов исполнения $\Xi_{\text{ср}}$	1,06	

Сравнение значений интегральных показателей позволяет сделать выбор в пользу текущего проекта. Интегральный финансовый показатель свидетельствует об удешевлении стоимости текущего проекта. Интегральный показатель ресурсоэффективности является наивысшим, что говорит о более высокой эффективности текущего проекта по сравнению с аналогами. Показатель сравнительной эффективности говорит о том, что с позиций финансовой и ресурсной эффективности текущий проект в 1,06 раза предпочтительнее аналога.

Расчет сметной стоимости выполненных раб производится согласно Справочнику базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства за 1999 год.

Таблица 28 – Сметный расчет на выполнение инженерно-геологических изысканий

Наименование работ	Единица измерения	Объем работ	Ед. стоимость, руб	Обоснование	Стоимость, руб
Подготовительные работы:					
Рекогносцировочное обследование, включая аэровизуальные и маршрутные наблюдения	км	0,5	36,0	гл.1, Т. 9, п.2	18
Разбивка скважин на местности	скв.	3	8,5	гл.25, Т. 93, п.1.	25,5
Полевые работы					
Колонковое бурение скважин диаметром до 160 мм глубиной до 25 м	скв./пог. м	3/66	38,4	гл.4, Т. 17, п.1. К=0,9, прим. к Т.17	2534,4
Отбор монолитов связных грунтов	монолит	40	22,9	гл.16, Т. 57, п.1.	916
Отбор проб нарушенной структуры	проба	40	54,9	гл.16, Т. 57, п.2	2196
Отбор проб воды	проба	3	15,2	гл.16, Т. 60, п.2	45,6
Лабораторные работы					
Определение влажности	образец	80	12,8	гл.17, Т. 63, п.2	1024
Испытание прочности мерзлых грунтов и срез по поверхности смерзания	образец	30	92,6	гл.17, Т. 63, п.7	2780
Гранулометрический анализ фракций 0,1 мм методом ареометра	образец	80	7,1	гл.17, Т. 64, п.12	568
Комплекс физико-механических свойств	образец	24	263,6	гл.17, Т. 63, п.31	6326,4

мерзлого грунта при консолидированном срезе по поверхности смерзания с нагрузкой до 0,6 МПа					
Предел прочности на одноосное сжатие	проба	6	1,8	гл.17, Т. 67, п.9	10,8
Степень пучинистости	образец	24	13,6	гл.17, Т.62, п. 14	326,4
Истираемость в полочном барабане	проба	40	11,3	гл.19, Т. 76, п.30	452
Метод компрессионного сжатия для определения коэффициента оттаивания A_{th} и сжимаемости при оттаивании m)	проба	18	31,1	гл.17, Т. 63, п.32.	559,8
Коррозионная агрессивность грунтов: стали и ж.б.	проба	12	25,4	Ч.6, гл.18, Т. 75, п.45	304,8
Стандартный (типовой) анализ воды	образец	6	67,3	Ч.6, гл.18, Т. 73, п.2.	403,8
Камеральные работы					
Камеральная обработка материалов буровых и горнопроходческих работ с гидрогеологическими наблюдениями.	п.м.	66	9,3	гл.21, Т. 82, п.2	613,8
Камеральная обработка исследований и отдельных определений физико-механических свойств глинистых грунтов	20% стоимости лаб. раб			гл.21, Т. 86, п.1	2462,84
Камеральная обработка исследований и отдельных определений физико-механических свойств	15% от стоимости лаб. раб.			гл.21, Т. 86, п.2	1847,13
Камеральная обработка исследований и отдельных определений физико-механических свойств скальных и полускальных грунтов	10% от стоимости лаб.раб			гл.21, Т. 86, п.3	1231,42
Итого					24205
ИТОГО, с учетом районного коэффициента к итогу сметной стоимости изысканий				52,31	1266158
НДС				20%	253232
ИТОГО, с учетом НДС					1 519 389

Согласно сметному расчету, стоимость инженерно-геологических изысканий для реконструкции моста составляет 1 519 389 (один миллион пятьсот девятнадцать тысяч триста восемьдесят девять рублей, 00 копеек).

Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. При сравнении конкурентоспособности нескольких компаний можно сделать вывод, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как удобство эксплуатации для потребителей, цена и энергоэкономичность.

2. В рамках реализации проекта выявлены сильные стороны: более низкая стоимость при сохранении высокой квалификации сотрудников и комплексности подхода. Так же проект обладает и слабыми сторонами – для реализации данного проекта необходимо постоянно усовершенствовать методики и обучать персонал, а также большие временные затраты на наработку клиентской базы. Однако, новые технологии способны привлечь новых заказчиков и сократить расходы. Не смотря на вышеуказанные слабые стороны и угрозы при реализации проекта, есть возможность разработать ситуационные планы на случаи возникновения форс-мажорных ситуаций, а также стратегию достижения целей и превращения потенциальных угроз в выгодные возможности.

3. Установлено, что для реализации проекта необходимы 6 человек. Общая продолжительность работ займет 45 дней. Начало работ выпадает на 1 июля и выдача готовой технической документации – 14 августа.

По календарному план-графику, можно увидеть, что самые продолжительные работы–полевые и лабораторные.

4. После формирования смет на проектирование суммарные капиталовложения составили 468363 рубля.

5. Показатель сравнительной эффективности говорит о том, что с позиций финансовой и ресурсной эффективности текущий проект в 1,06 раза предпочтительнее аналога.

6. Согласно сметному расчету по Справочнику базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства за 1999 год стоимость инженерно-геологических изысканий для реконструкции моста составляет 1 519 389 (один миллион пятьсот девятнадцать тысяч триста восемьдесят девять рублей, 00 копеек)

Список использованной литературы

1. Конституция РФ
2. Трудовой кодекс РФ
3. ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия (с Изменениями N 1, 2)
4. ГОСТ 11108-70 Коронки твердосплавные для колонкового бурения пород средней твердости. Технические условия (с Изменениями N 1-4)
5. ГОСТ 12071-2014 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов
6. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
7. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности
8. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1)
9. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)
10. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)
11. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования
12. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
13. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1)
14. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1)
15. ГОСТ 12.1.045-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля

16. ГОСТ Р 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
17. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности
18. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
19. ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Ограждения защитные (с Изменением N 1)
20. ГОСТ 12248.8-2020 Грунты. Определение характеристик прочности мерзлых грунтов методом среза по поверхности смерзания.
21. ГОСТ 12248.9-2020 Грунты. Определение характеристик прочности и деформируемости мерзлых грунтов методом одноосного сжатия
22. ГОСТ 12248.10-2020 Грунты. Определение характеристик деформируемости мерзлых грунтов методом компрессионного сжатия
23. ГОСТ 12.3.009-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности (с Изменением N 1)
24. ГОСТ 12.4.002-97 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний
25. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
26. ГОСТ 12.4.024-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Обувь специальная виброзащитная. Общие технические требования (с Изменением N 1)
27. ГОСТ 12.4.125-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация
28. ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
29. ГОСТ 17.1.3.02-77 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила охраны вод от загрязнения при бурении и освоении морских скважин на нефть и газ (с Изменением N 1)
30. ГОСТ 17.1.3.06-82 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод

31. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения
32. ГОСТ 19912-2012 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием.
33. ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. - Введенные в действие 01.08.1996г.
34. ГОСТ 21.301-2014 Основные требования к оформлению отчетной документации по инженерным изысканиям.
35. ГОСТ 23407-78 Ограждения инвентарные строительных площадок и участков производства строительного-монтажных работ. Технические условия
36. ГОСТ 23740-2016 Грунты. Метод определения содержания органических веществ.
37. ГОСТ 25100-2020 Грунты. Классификация. – 108 Введенные в действие 01.01.2013 г. взамен ГОСТ 25100-95 – М.; Изд-во стандартов 2011. – 78 с.
38. ГОСТ 25358-2020 Метод полевого определения температуры
39. ГОСТ 25584-2016 Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации
40. ГОСТ 27753.4-88 Грунты тепличные. Метод определения общей засоленности.
41. ГОСТ 28514-90 Строительная геотехника. Определение плотности грунтов методом замещения объема
42. ГОСТ 28622-2012 Методы лабораторного определения степени пучинистости.
43. ГОСТ 30416-2012 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.
44. ГОСТ 30672-2012 Полевые испытания. Общие положения
45. ГОСТ 31108-2016 Цементы общестроительные. Технические условия
46. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. Актуализированная редакция ГОСТ Р 51592-2000.
47. ГОСТ Р 50278-92 Трубы буровые с приваренными замками. Технические условия (с Изменением N 1)
48. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.

49. ГОСТ 9.602-2016 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии
50. ГОСТ Р 54257-2010. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования.
51. ГОСТ Р 56726-2015 Метод лабораторного определения удельного касательного пучения.
52. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства.
53. СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства.
54. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99 – М.; Изд-во стандартов 2012. – 113 с.
55. СП 115.13330.2016 Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95
56. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003.
57. СП 119.13330.2017 Железные дороги колеи 1520 мм.
58. СП 131.13330.2018 Строительная климатология.
59. СП.14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах СНиП II 7-81* (актуализированного СНиП II-7-81* "Строительство в сейсмических районах" (СП 14.13330.2011)).
60. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия
61. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений.
62. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты
63. СП 28.13330.2017. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85*.
64. СП 32-104-98 Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм.
65. СП 354.1325800.2017 Фундаменты опор мостов в районах распространения многолетнемерзлых грунтов
66. СП 446.1325800.2019 Инженерно-геологические изыскания для строительства
67. СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96.

68. СП 493.1325800.2020 Инженерные изыскания для строительства в районах распространения многолетнемерзлых грунтов. общие требования
69. СП 50-101-2004 Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений
70. ВСН-61-89 Изыскания, проектирование и строительство железных дорог в районах вечной мерзлоты.
71. О принятии строительных норм и правил Российской Федерации "Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство"
72. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
73. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»
74. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
75. Постановление от 23 июля 2001 года N 80 «О принятии строительных норм и правил Российской Федерации "Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования"»
76. ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения)
77. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Глава 6.6. Осветительные приборы и электроустановочные устройства (Издание седьмое)
78. Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток/Г35 Редкол: Э.Д. Ершов (гл. редактор) и др.; Под ред. Э.Д. Ершова. – М.: Недра, 1989. – 515.: ил.
79. Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды, Монография, Ленинград, Гидрометеиздат, 1987, 248 с.
80. Методика оценки прочности и сжимаемости крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями (Методика ДальНИИС) Госстроя СССР), Москва, Стройиздат, 1989 г.
81. Петрук Н. Н., Волкова Ю. Р., Шилова М. Н., Мялик А. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье

поколение). Серия Дальневосточная. Лист М 52 – Благовещенск. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012 г. 496 с. + 10 вкл

82. Ребрик Б.М. Бурение инженерно-геологических скважин. – М.: Недра, 1990 г. – 336 с.

83. Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства (цены приведены к базисному уровню на 01.01.1991 года)

84. Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий по объекту ООО «Сибгипротранспуть» АО «Росжелдорпроект» шифр 34-0/2732/ДКРС-Хаб/СГТП–ИГ, 2018 г.

85. <https://i.ytimg.com/vi/htXngKttU9Y/maxresdefault.jpg>

86. <https://alita.kz/upload/iblock/56a/56a77b0cbbb99dcf345dd701391a46a9.jpg>

87. <https://i2.wp.com/stroim-domik.org/wp-content/uploads/2018/09/foto215-5.jpg>

88. <https://npp-geotek.com/upload/iblock/f1e/f1e08b865dde53a7d0d9cd79a92905f2.jpg>

89. <https://npp-geotek.com/upload/iblock/b7e/b7ea830c44aa3e6845172ea46e733da9.JPG>

90. https://kvazar-ufa.com/images/detailed/4/b_4281.jpg

91. <https://npp-geotek.com/upload/iblock/dcc/dccbe30a54a315dda3a71a576cf499ce.JPG>

92. https://st44.stpulscen.ru/images/product/239/678/924_big.jpg

93. <https://npp-geotek.com/upload/iblock/de1/de124feff9699d8919f1b05723bfccaf.JPG>

94. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293747/4293747636.files/28.gif>

95. <https://www.rusgeocom.ru/upload/iblock/f90/f90237e70f646cff2af13748705480f6.jpg>

96. <https://holeks.tech/wp-content/uploads/2020/03/peskozagruzochnyj-apparat.jpg>

97. <https://dorlab-ltd.ru/ssl/u/4f/07c207ef0a5eadf4e3f069202466d9/+ZG9ybGFILWx0ZC5ydQ==!P4080162.jpg>