

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
Направление: 21.05.02 «Прикладная геология»
Кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема проекта
Инженерно-геологические условия и проект изысканий под строительство участка трассы магистрального нефтепровода Куюмба-Тайшет

УДК 622.692.4.07:621.131.3:69 (571.51)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2112	Огарков Александр Васильевич		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романюк В.Б.	К.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

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

По разделу «Геология»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Полиенко А.К.	Д.г.-м.н., доцент		

По разделу «Бурение скважин»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Шестеров В.П.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Гусева Н.В.	К.г.-м.н.		

Оглавление

Введение.....	3
1. Общая часть. Природные условия района строительства	4
1.1. Физико-географическая и климатическая характеристика	4
1.2. Изученность инженерно-геологических условий.....	7
1.3. Геологическое строение района работ (стратиграфия, литология, тектоника, неотектоника, геоморфология).....	7
1.4. Гидрогеологические условия.....	13
1.5. Геологические процессы и явления	16
1.6. Общая инженерно-геологическая характеристика района.....	25
Заключение.....	27

Введение

Настоящая работа представляет собой дипломный проект инженерно-геологических условий и проект изысканий под строительство участка трассы магистрального нефтепровода Куюмба-Тайшет.

Целью проектирования является изучение инженерно-геологических условий участка долины реки Тохомо и разработка проекта инженерно-геологических изысканий под строительство трассы магистрального нефтепровода Куюмба-Тайшет на стадии рабочей документации.

Задачей проекта является обеспечение получения достоверных данных необходимых для проектирования и получения максимальной информации о свойствах геологической среды в пределах предполагаемой сферы ее взаимодействия с сооружениями, нахождение оптимальных приемов и методов исследований.

1. Общая часть. Природные условия района строительства

1.1. Физико-географическая и климатическая характеристика

В административном отношении участок работ расположен на территории Эвенкийского муниципального района Красноярского края Российской Федерации (рис. 1).

Начало трассы находится в 100 км к югу от пос. Куюмба, 96 км к юго-западу от пос. Усть-Камо, расположенного в устье р. Камо, левого притока р. Подкаменная Тунгуска. Трасса проходит в направлении на северо-восток.

Район работ малообжитой. Населённых пунктов на участке работ нет, имеется автозимник Беляки-Куюмба и большое количество геофизических профилей.

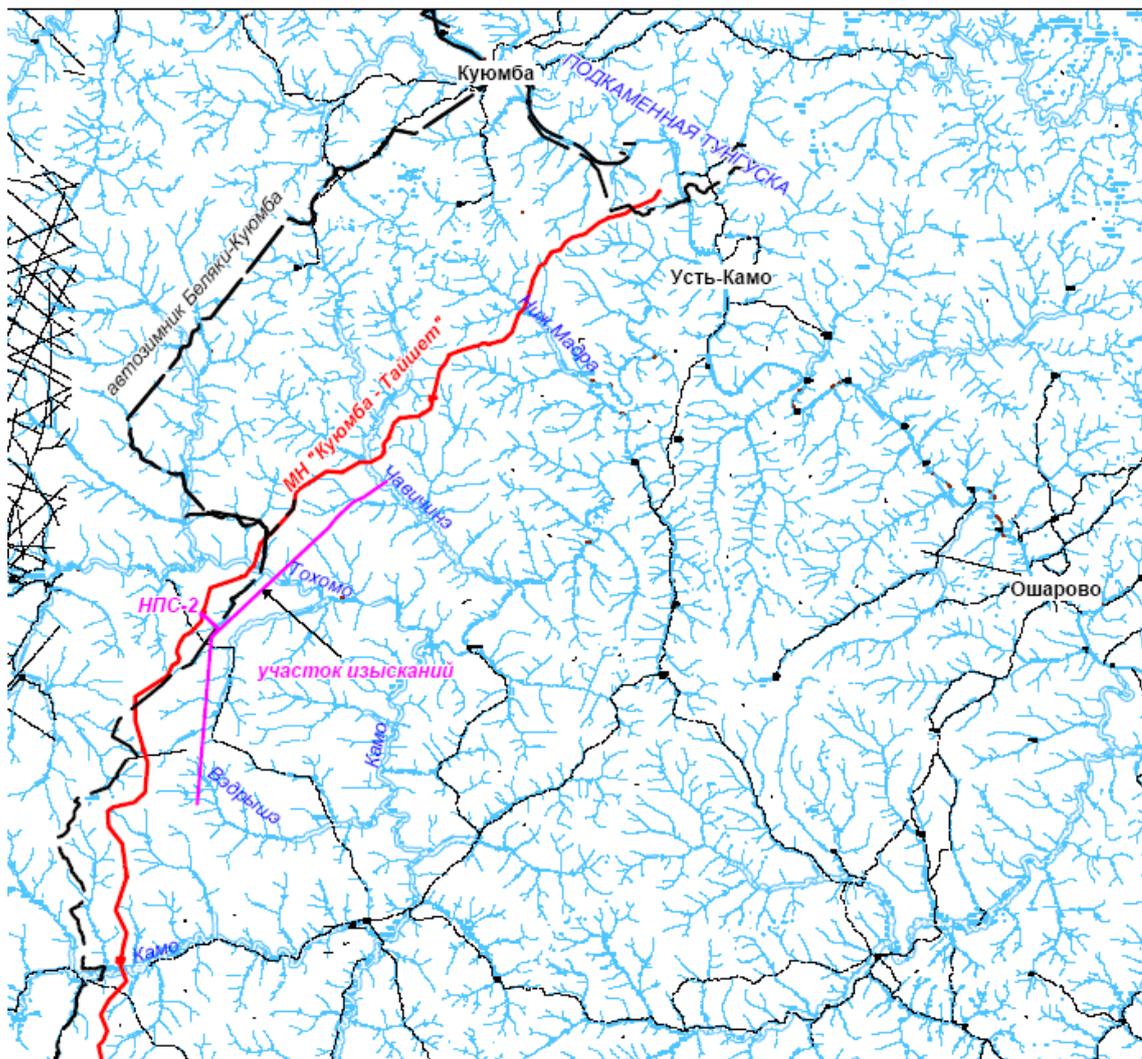


Рис. 1. Обзорная схема

Рельеф. Трасса расположена на Приангарском плато, представляющим собой холмисто-увалистые междуречья с преобладающими уклонами 8-15°, расчленённые V-образными и трапецеидальными долинами.

Абсолютные высоты на участке работ колеблются от 204 м до 500 м.

В геоморфологическом отношении поверхность представляет собой полого-увалистую равнину, расчленённую долинами рек с пологими склонами и плоскими заболоченными днищами, балками и оврагами.

Основными факторами, обуславливающими формирование современного рельефа, является тектоническое строение района, литологический состав коренных пород и эрозионно-аккумулятивная деятельность рек. В зависимости от того, какие факторы на том или ином участке преобладали, можно выделить две категории рельефа: денудационно-аккумулятивный и эрозионно-аккумулятивный.

Климат. Климатическая характеристика района работ составлена по данным метеостанции Усть-Камо. Климат района работ резко континентальный с суровой продолжительной, но сухой зимой и тёплым с обильными осадками летом.

Среднегодовая температура воздуха равна минус 6.6°C. Наиболее холодным месяцем в году является январь со среднемесячной температурой воздуха минус 30.7°C. Средняя месячная температура июля, самого тёплого месяца, составляет плюс 18.8°C. Продолжительность тёплого и холодного периодов составляет, соответственно, 5 и 7 месяцев.

Первые заморозки отмечаются обычно в последней декаде августа, а последние - в конце июня. Средняя продолжительность безморозного периода в среднем составляет 57 дней.

Средняя многолетняя сумма осадков составляет 436 мм. Распределение их в течение года неравномерное, основная масса осадков (73%) выпадает в тёплый период года, на холодный период приходится 27% годовой суммы осадков.

Снежный покров появляется в середине первой декады октября. Устойчивый снежный покров образуется в третьей декаде октября, а разрушается в первой декаде мая.

Реки района работ относятся к бассейну р. Енисей. Начинается участок трассы в 17 км к северу от левого берега р. Камо. Далее трасса пересекает левые притоки р. Камо: р. Тохомо, р. Чавичинэ, с их многочисленными притоками. Реки не судоходны. Река Подкаменная Тунгуска судоходна только в нижнем течении.

Водоразделы приподняты над долинами рек на высоту 100-300 м.

Гидрологический режим большинства водотоков, пересекаемых трассой, изучен слабо. Основной сток воды (60% от годового объёма) приходится на весеннее половодье, которое начинается в первой половине мая и длится около двух месяцев. Зимой на небольших водотоках сток прекращается по причине их промерзания.

Растительность. Район работ располагается в таёжной зоне. Основной древесной породой является сибирская лиственница. Плато и верхние части склонов покрыты елово-кедрово-лиственничной тайгой. По долинам рек тянется елово-кедровая моховая тайга с незначительной примесью лиственницы.

Почва. На территории работ многолетнемерзлые грунты имеют островное распространение, мощностью до 25-50 м. Развитие участков многолетнемерзлых пород наблюдается по долинам рек, а также на крутых северных склонах. Протяженность участков распространения многолетнемерзлых грунтов изменяется от 50 м до 1000 м, и расположены они в долине реки Тохомо.

Платформенный режим территории предполагает её низкую сейсмичность, но из-за соседства с тектонически активным орогеном хр. Восточный Саян на территории работ, согласно карте ОСР-97-С, возможна интенсивность землетрясения 5 баллов и менее.

1.2. Изученность инженерно-геологических условий

На территории района были проведены инженерно-геологические изыскания ОАО «ВостСиб АГПз» по объекту «Магистральный нефтепровод «Куюмба-Тайшет». Линейная часть. Лот 1 (км 8 – км 103)» (шифр Г.0.0008.0003/4-И-ВСМН-Куюмба/ГТП-501.000-И) в 2012 г на стадии проектной документации и филиалом ОАО «Гипротрубопровод»-«Тюменьгипротрубопровод» по объекту «Магистральный нефтепровод «Куюмба-Тайшет». Линейная часть. Лот 2 (км 130 – км 213)» (шифр Г.3.0000.0003/4-И-ВСМН-КУЮМБА/ГТП-502.000-И) в 2013 г на стадии проектной документации.

Изучаемая территория покрыта государственной геологической съемкой масштаба 1:200000.

При написании данного отчета были использованы материалы приведенных выше отчетов при описании разделов, касающихся информации о районе изысканий (физико-географическая характеристика, геологическое строение, гидрогеологические и геокриологические условия).

1.3. Геологическое строение района работ (стратиграфия, литология, тектоника, неотектоника, геоморфология)

Стратиграфия. Район работ расположен в краевой юго-западной части Сибирской платформы (рис. 2). Активное воздымание территории началось в конце мезозоя и продолжалось в течение всего кайнозоя (продолжается до сих пор). Поднятие привело к омоложению рельефа, который представляет собой древнее возвышенное холмисто-увалистое плато (плоскогорье), пересеченное молодыми речными долинами V-образной и трапецеидальной формы, врезанными на глубину 100 – 300 м.

В геологическом строении территории изысканий принимают участие отложения среднего-верхнего отделов кембрийской системы, нижнего отдела ордовикской системы, верхнечетвертичные-современные отложения, а также

позднепалеозойские-раннемезозойские интрузивные образования триаса (βT1kt).

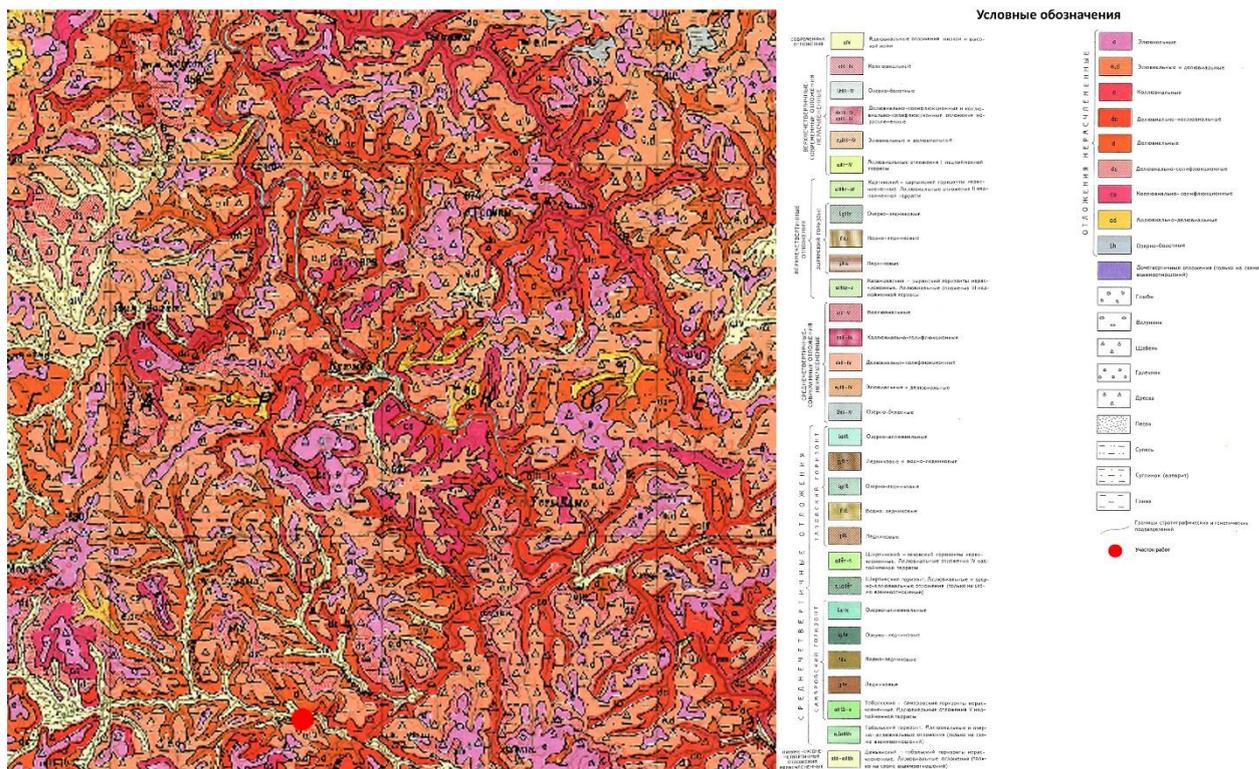


Рис. 2. Карта четвертичных отложений участка работ Масштаб 1:1 000 000

Кембрийская система, средний-верхний отдел (Є₂₋₃)

Эвенкийская свита (Є₂₋₃ ev)

Отложения свиты представлены комплексом пестроокрашенных терригенных и карбонатных пород – алевролитов, доломитов, известняков, мергелей, песчаников, аргиллитов, распространенных на большей части территории. По литологическим, петрографическим, минералогическим и другим признакам отложения свиты подразделяются на три подсвиты: нижнюю (Є₂₋₃ ev1) – терригенную, среднюю – (Є₂₋₃ ev2) – карбонатно-терригенную и верхнюю (Є₂₋₃ ev3) – существенно карбонатную. Граница между нижней и средней подсвитами проводится по основанию маркирующего горизонта строматолитовых известняков, сопоставляемого с нижним горизонтом, между средней и верхней подсвитами – по появлению в разрезе мощных пачек доломитов, резкому преобладанию в карбонатной

части пород доломита над кальцитом, изменению окраски пород на преимущественно зеленоцветную.

Нижняя подсвита ($\epsilon_{2-3} \text{ev}1$). Отложения подсвиты вскрываются в отдельных разрозненных обнажениях в прирусловых частях склонов долин рек Камо, Тохомо и их крупных притоков. В составе подсвиты преобладают красноцветные алевролиты плотные плитчатые (82 %), в подчиненных количествах присутствуют аргиллиты зеленоватые плотные плитчатые (15 %), мергели грязно-зеленые плотные плитчатые (2 %), известняки серые тонкокристаллические (1 %). Общая видимая мощность нижнеэвенкийской подсвиты в пределах территории 40 м.

Средняя подсвита ($\epsilon_{2-3} \text{ev}2$). Отложения подсвиты имеют весьма широкое распространение, слагают средние и нижние части склонов долин рек. Средняя подсвита представлена комплексом пестроокрашенных пород – алевролитами (69 %), известняками (22 %), мергелями (3 %), доломитами (3 %), аргиллитами (1 %) и песчаниками (1 %). Мощность подсвиты меняется от 150 до 170 м.

Верхняя подсвита ($\epsilon_{2-3} \text{ev}3$). Отложения подсвиты слагают верхние части склонов и водоразделы. Верхняя подсвита, представлена комплексом карбонатных и терригенных пород, окрашенных в зеленые, реже красноцветные тона – доломитами (68 %), алевролитами (26 %), мергелями (3 %), песчаниками, конгломератами. Для подсвиты характерно преобладание доломитов над терригенными породами и преимущественно желтоватые и зеленовато-серые тона окраски пород. Мощность отложений 100 м.

Общая мощность эвенкийской свиты в пределах территории составляет 270 – 310 м. Отложения эвенкийской свиты представляют собой типичные образования красноцветной формации. Формирование этих осадков происходило в мелководном морском бассейне со сравнительно повышенной соленостью и периодически изменяющейся глубиной, о чем свидетельствует наличие в породах знаков волновой ряби, трещин усыхания, косой

слоистости. В конце позднего кембрия произошло некоторое изменение физико-географических условий и углубление бассейна, что обусловило увеличение количества карбонатных пород (доломитов) в верхних частях разреза свиты.

Ордовикская система, нижний отдел (O₁), Усть-Кутский ярус

Пролетарская свита (O₁ pr)

Отложения свиты имеют ограниченное развитие, слагают водораздельные поверхности. Коренные выходы пород свиты довольно редки. Отложения пролетарской свиты согласно залегают на пестроцветных породах эвенкийской свиты. Нижняя граница отбивается довольно четко по горизонту массивных оолитовых, либо строматолитовых, доломитов и исчезновению красноцветных пород. Свита сложена кварцевыми, реже полевошпат-кварцевыми песчаниками (48 %), желтыми, зеленовато-серыми доломитами, нередко строматолитовыми или оолитовыми (45 %). В виде маломощных прослоев отмечаются алевролиты, известняки, аргиллиты, конгломераты. Мощность отложений 120 м. Накопление осадков пролетарской свиты происходило в условиях мелководного морского бассейна. Во второй половине пролетарского времени в бассейн начинает поступать значительное количество терригенного материала, и происходит накопление карбонатно-терригенной толщи осадков.

При проведении инженерных изысканий были вскрыты доломиты кембрийско-ордовикского возраста. Доломиты залегают с глубины 12,40-15,20 м. До разведанной глубины 17,00 м доломиты на полную мощность пройдены не были.

Четвертичная система (Q)

Верхнечетвертичные-современные отложения (Q_{III-IV})

Отложения четвертичной системы в пределах района имеют довольно широкое распространение. Выделяются следующие генетические типы четвертичных отложений: аллювиальные отложения, биогенные и делювиально-элювиальные образования. Распространение, мощность и

литологический состав отложений во многом зависит от геоморфологического положения и состава коренных пород.

Аллювиальные отложения (aQ) получили развитие локально, встречены лишь в долинах рек. Представлены плохоокатанными галечниковыми грунтами различного петрографического состава. Мощность аллювия изменяется от 2,50 до 7,40 м.

Аллювиально-делювиальные отложения (adQ) слагают верхнюю часть разреза и долины рек. Представлены отложения песками гравелистыми, суглинками и супесями. Мощность отложений изменяется от 0,30 до 7,10 м.

Биогенные отложения (bQ) развиты в районе ограниченно и распространены в основном на заболоченных поймах рек и в долинах ручьев. Представлены они торфом слаборазложившимся, мощностью 0,30-0,80 м и илесто-глинистым материалом.

Делювиально-элювиальные отложения (deQ) в районе развиты повсеместно. Залегают маломощным чехлом, перекрывая скальные породы. Представлены в основном крупнообломочными щебенисто-дресвяными грунтами с суглинистым заполнителем и глинистыми грунтами с включением крупнообломочного материала до 50%. Мощность отложений изменяется 4,90-16,80 м.

Интрузивные образования. В пределах района работ возможно развитие интрузивных пород трапповой формации триасового возраста (Т).

Среди пород, слагающих интрузивные тела, преобладают долериты, габбро-долериты, диабазы. Структура пород пойкилофитовая, офитовая, интерсертально-офитовая и др. Криогенные текстуры мерзлых пород трещинные, в выветрелой зоне сетчатые и базальные. При оттаивании, породы, как правило, не меняют своих свойств.

Интрузивные образования, относящиеся к формации Сибирских траппов распространены в основном в северной части территории, где встречаются в виде покровов на приводораздельных участках междуречных

плато. Мощность тел изменяется в широких пределах – от 20-40 до 100-180 м.

Пластовые тела долеритов имеют столбчатую отдельность диаметром до 2 м. Сечение блоков четырех-, реже трех-, пяти- и многоугольной формы. В зонах контактов столбчатая отдельность переходит в плитчатую. В периферических частях куполовидных тел наблюдается столбчатая отдельность, во внутренних частях – параллелепипедная или неправильно-глыбовая. Процессы выветривания воздействуют на траппы на глубину 15-40 м.

Интрузивные тела имеют довольно однородное строение и сложены преимущественно долеритами с незначительными колебаниями состава и относительным разнообразием структур. В подчиненных количествах отмечаются троктолит-долериты, толеитовые долериты, метадолериты и микродолериты. Троктолит-долериты присутствуют в различных частях разреза трапповых тел. Толеитовые долериты слагают отдельные участки тел, не приурочиваясь к определенному горизонту разреза. Метадолериты закартированы в телах, расположенных в зонах тектонических нарушений. Микродолериты приурочены к приконтактовым частям тел. Мощность их незначительна и редко достигает 1-3 м. Структура микродолеритовая, реже – гломеропорфировая.

Тектоника. В геоструктурном отношении территория работ расположена на южном, клинообразном выступе Сибирской платформы, окруженном обновленными горными сооружениями байкалид Енисейского кряжа, Восточного Саяна и Байкальской области, в пределах крупной пликативной структуры – Ангарской синеклизы.

Геологическое и структурно-тектоническое строение района, несмотря на спокойное в региональном плане залегание пород, довольно сложное. Фундамент, представляющий нижний структурный ярус, сложен метаморфическими и изверженными породами архейского и раннего протерозойского возрастов.

Ангарская синеклиза с запада, юго-запада и юго-востока ограничивается байкалидами Прибайкалья, Восточного Саяна и Енисейского кряжа, а с севера отчленяется от остальной части платформы Нижне-Ангарским краевым антиклинорием, Чадобецким поднятием Тунгусской синеклизы, Ангаро-Виллюйским прогибом и Пелейдуйским поднятием.

Западная часть Ангарской синеклизы, сравнительно с ее восточной частью, имеет менее сложную структуру. Чехол этой территории в целом образован чередующимися пологими брахиформными поднятиями и впадинами, с преобладанием последних.

Активных разломов на участке не отмечено.

Платформенный режим территории предполагает ее низкую сейсмичность. Интенсивность сейсмических воздействий для исследуемого района согласно СП 14.13330.2011 составляет по карте ОСР-97-В и ОСР-С – 5 баллов.

Согласно СП 14.13330.2011 тб. 1 категория грунтов по сейсмическим свойствам II.

1.4. Гидрогеологические условия

В гидрогеологическом отношении район входит в состав Тунгусского артезианского бассейна и характеризуется широким распространением многолетней мерзлоты, которая оказывает существенное влияние на характер и условия залегания подземных вод.

Для оценки гидрогеологических условий строительства большое значение имеют особенности подземных вод приповерхностной части разреза, в частности первых от поверхности водоносных горизонтов, находящихся в зоне взаимодействия проектируемых сооружений. Гидрогеологические условия (изучаемой территории) характеризуются наличием следующих подземных вод, вскрытых на участке работ:

Надмерзлотные воды сезонно-талого слоя – это поровые воды в почвенно-растительном слое. Профиль их распространения соответствует

положению поверхности мерзлых пород и подчиняется особенностям рельефа. Глубина оттаивания и мощность горизонта обводнения зависят от состава пород. Питание вод сезонно-талого слоя происходит за счет атмосферных осадков, конденсации водяных паров, таяния снега. Большое значение в этом процессе играет лед в грубообломочных образованиях. Формирование такого льда осуществляется весной при просачивании и замерзании в крупнообломочных мерзлых породах талых снеговых вод. Воды сезонно-талого слоя являются типичной верховодкой. Нижним водоупором для них служат многолетнемерзлые грунты. По продолжительности существования в летний период эти воды в зависимости от источников питания могут классифицироваться как периодически возникающие после выпадения дождей (на водоразделах), периодически исчезающие при длительном отсутствии дождей (верхние и средние части склонов) и постоянно существующие за счет подтока вод сезонно-талого слоя с гипсометрически вышележащих участков (нижние части склонов, распадки, долины).

В пределах трассы по данным инженерно-геологического обследования надмерзлотные воды сезонно-талого слоя вскрыты на участках на глубине 0,20 м. Абсолютные отметки появления грунтовых вод изменяются от 284,28 до 440,74 м. На момент изысканий (февраль – май 2014 г.) уровень их установления зафиксирован на глубинах от 0,10 до 0,30 м. Воды безнапорные.

Межмерзлотные порово-пластовые воды вскрыты скважинами на глубинах 2,80 и 9,00 м. Приурочены к делювиально-элювиальным отложениям – маломощным линзам талых грунтов, мощностью 0,40-0,80 м, представленными суглинком дресвяным и щебенистым грунтом. Абсолютные отметки появления грунтовых вод изменяются от 313,63 до 359,91 м. На момент изысканий (февраль-май 2014 г.) уровень их установления зафиксирован на глубине 2,30 м, что соответствует абсолютной

отметке 320,33 м. Воды безнапорные и напорные, высота напора 0,50-6,70 м. Нижним водоупором служат многолетнемерзлые грунты.

Межмерзлотные воды могут объединяться в летний период с надмерзлотными водами сезонно-талого слоя в гидравлически единые воды в четвертичных отложениях и будут являться типичной верховодкой.

Подземные воды сквозного талика гидрогенного типа (порово-пластовые воды) вскрыты скважинами на участках на глубине 4,80 м. Приурочены к аллювиально-делювиальным отложениям – песку гравелистому; делювиально-элювиальным отложениям – линзам суглинка дресвяного и щебенистому грунту. Абсолютные отметки появления грунтовых вод изменяются от 230,16 до 382,42 м. На момент изысканий (февраль-май 2014 г.) уровень их установления зафиксирован на глубинах 0,20-7,20 м, на абсолютных отметках 230,16-383,12 м. Воды безнапорные и напорные, высота напора 0,70-1,50 м. Нижним водоупором служат слабоводопроницаемые грунты (суглинки дресвяные твердой консистенции).

Питание вод осуществляется за счет перетекания из смежных водоносных горизонтов, атмосферных осадков, поверхностного водотока.

По химическому составу преобладают гидрокарбонатные натриево-калиево-магниевые-кальциевые подземные воды, с нейтральной и слабощелочной реакцией, умеренно жесткие, пресные (по классификации В.А. Александрова).

По водородному показателю рН, при значениях коэффициента фильтрации $>0,1$ и $<0,1$, грунтовые воды характеризуются как неагрессивные по отношению к маркам бетона по водопроницаемости W4, W6, W8.

По содержанию хлоридов воды являются неагрессивными при воздействии на арматуру железобетона при постоянном погружении и при периодическом смачивании.

По содержанию агрессивной углекислоты подземные воды характеризуются как неагрессивные и слабоагрессивные по отношению к

бетону марки W4 по водопроницаемости, и неагрессивные по отношению к бетону марки W6.

По отношению к алюминиевой оболочке кабеля воды характеризуются средней агрессивностью, по отношению к свинцовой оболочке кабеля – низкой и средней агрессивностью.

По суммарной концентрации сульфатов и хлоридов поверхностные и подземные воды среднеагрессивные по степени агрессивного воздействия сред на металлические конструкции при свободном доступе кислорода в интервале температур от 0 до 50°С и скорости движения до 1 м/с.

1.5. Геологические процессы и явления

Особенности экзогенных геологических процессов в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов обусловлены периодичностью промерзания и оттаивания, охлаждения и нагревания верхних горизонтов отложений, спецификой свойств промерзающих, мерзлых и оттаивающих грунтов, временной периодической изменчивостью их напряженного состояния, геологическим строением, литологическим составом пород, геоморфологическими и климатическими особенностями района изысканий.

В районе работ из активных экзогенных геологических процессов имеют развитие: выветривание, заболачивание, морозное пучение дисперсных грунтов, наледеобразование, солифлюкция, термоэрозия и эрозия, термокарст.

Выветривание пород обусловлено, в основном, колебаниями температуры, замерзанием и оттаиванием воды в трещинах разного размера (включая микротрещины) так называемое температурное выветривание. На скорость выветривания влияют как сезонные, так и суточные колебания температур. Наиболее интенсивно выветривание развивается на участках с оголенной поверхностью – гари, вырубки, при снятии почвенно-растительного слоя и т.п. Температурное выветривание максимально проявляется в слое сезонного промерзания и протаивания пород и затухает на

глубине нулевых годовых колебаний температур (10 м от поверхности). Эта зона, подверженная криогенной и температурной дезинтеграции пород, как правило, характеризуется наибольшей трещиноватостью и льдистостью (влажностью).

В данном случае, процесс выветривания, прежде всего, рассматривается как фактор изменения состава и свойств коренных пород, приводящих к общему снижению их прочности, что играет определяющую роль в подготовке и накоплении продуктов разрушения, на основе которых происходит развитие экзогенных геологических процессов (ЭГП).

В целом по трассе склоны и плоские вершины водоразделов покрыты элювиальными продуктами выветривания песчаников, алевролитов, известняков – щебенистыми и дресвяными, очень редко – глыбовыми грунтами, в нижних частях склонов дисперсный материал представлен суглинками с включением крупнообломочного материала. Дисперсная зона характеризуется значительным преобразованием состава и свойств исходных пород коренной основы.

Процессы выветривания по трассе проявляются повсеместно. Вскрытая мощность коры выветривания на водоразделах и склонах составила 4,90-16,80 м, в долинах рек она перекрыта аллювиальными отложениями.

Прогноз выветривания. При хозяйственном освоении территории максимальную активность процессов выветривания следует ожидать на участках вскрытия пород открытыми горными выработками (при проходке канав, карьеров, выемок, и т.п.).

Заболачивание. Это явление имеет специфический характер в зоне распространения мерзлоты и прослеживается по наличию заочкаренной поверхности с мочажинами и по наличию слоя торфов с поверхности. Наибольшей заболоченностью характеризуются слабопроточные понижения в рельефе, реже плоские, слабодренированные территории водоразделов, сложенные слабопроницаемыми суглинками. Вследствие слоистого протаивания, верхняя граница ММП располагается близко от поверхности,

что ведет к накоплению влаги на поверхности и образованию неглубоких (от 0,3 до 0,8 м) болот.

Питание болот и заболоченных участков осуществляется за счет атмосферных осадков, что позволяет осушать строительные площадки за счет планировки территории, перехвата поверхностного стока с прилегающих территорий нагорными канавами и отвода сточных вод в ближайшие водотоки. При этом ожидается, что процесс заболачивания активизируется на прилегающих к строительным площадкам участкам.

Заболачивание поверхности отмечено на некоторых участках. Мощность торфа составляет 0,30 м.

Заболачивание поверхности отмечено на участке долины руч. Болодекит и левобережная пойма р. Чавичинэ.

Мощность торфа на марях составляет 0,70-0,80 м. Торф мерзлый, при оттаивании избыточно влажный. Тип болота на участках по характеру передвижения строительной техники в условиях оттаивания многолетней мерзлоты определен, согласно СНиП III-42-80*- 2.

Протяженность заболоченных участков по трассе составляет 1589 м, марей – 395 м.

Категория опасности процесса согласно СНиП 22-01-95 – умеренно опасные.

Прогноз заболачивания. Возможна активизации процесса заболачивания вдоль подъездных дорог (технологических дорог) при сооружении насыпей и выемок, которые нарушают режим поверхностного и подземного стока. При недостаточном или технически неправильном обустройстве дренажными сооружениями полотна дорог и оснований др. сооружений, которые препятствуют естественному стоку поверхностных вод.

Морозное пучение. Район работ характеризуется глубоким сезонным промерзанием грунтов, и распространением пылевато-глинистых грунтов в слое сезонного промерзания-оттаивания, что обуславливает их сезонное пучение. Глубина сезонного промерзания находится в прямой зависимости от

мощности снежного покрова, количества выпавших осадков в весенне-летне-осенний период, литологии грунтов, экспозиции склона.

Нормативная глубина промерзания по СНиП 23-01-99* (акт. ред. СП 134.13330.2012) и «Справочнику по климату» по данным м/ст Усть-Камо приведена в таблице 1.

Таблица 1

Нормативная глубина промерзания

Наименование грунтов	м/ст Усть-Камо
Суглинки и глины	261 см
Супеси, пески мелкие и пылеватые	317 см
Пески гравелистые, крупные и средней крупности	340 см
Крупнообломочные грунты	385 см

Расчетная глубина сезонного оттаивания на участках развития многолетнемерзлых грунтов сливающегося типа, согласно СП 25.13330.2012 приведена в таблице 2.

Таблица 2

Расчетная глубина сезонного оттаивания

Наименование грунтов	
Торф	50 см
Суглинки и глины	130 см
Пески гравелистые, крупные и средней	160 см
Крупнообломочные грунты	280 см

Неглубокое залегание многолетнемерзлых пород и связанные с ними воды сезонного протаивания способствуют широкому развитию процессов пучения грунтов. Наибольшая величина пучения наблюдается на переувлажненных участках.

При промерзании сезонно-талого слоя осенью отмечается пучение за счет замерзания грунтовой влаги без подтока извне (система закрытого типа). Высота его не превышает 100 мм. Из-за малых величин и равномерности

пучение приводит к слабым деформациям структуры напочвенного растительного покрова.

По степени морозной пучинистости согласно Приложению Б, табл. Б.27 ГОСТ 25100-2011 грунты, залегающие в слое сезонного промерзания-оттаивания являются средне-слабопучинистыми.

Согласно СНиП 22-01-95 по степени опасности морозного пучения территория относится к «опасным».

При рекогносцировочном обследовании бугры пучения, и другие типы бугристого микрорельефа не выявлены, из-за малых величин и равномерности пучения.

Прогноз процесса пучения грунтов состоит в определении прогнозной влажности порога пучения по формуле В.А. Кудрявцева

$$W_{п.п} = W_n + n (W_{кр} - W_n),$$

где $W_{кр} = 0,91 W_n$;

W_n – полная влагоемкость; $W_n = e/p_s$

$n = 0,7$ (коэффициент, зависящий от континентальности климата)

W_n – влажность за счет незамерзшей воды

Пучение грунтов в слое сезонного промерзания будет происходить тогда, когда их влажность превысит значение влажности порога пучения.

Грунты, залегающие в слое сезонного промерзания, представлены преимущественно суглинками щебенистыми и дресвяными, суглинками, щебенистыми грунтами, дресвяными грунтами.

Среднее значение влажности порога пучения составило 0,161 д.е. Следовательно, пучение будет происходить везде, где влажность грунтов превышает 0,161 д.е.

Наледообразование. Характерной чертой режима горизонта грунтовых вод, находящегося в слое сезонного промерзания грунтов, является появление гидродинамического напора в зимнее время, что может привести к образованию наледей в местах выходов вод на поверхность. Наледообразование на изучаемой территории тяготеет к склонам северной

экспозиции. По источнику питания наледи являются гидрогеогенными (выклинивание водоносных отложений в таликах).

На исследуемом участке прохождения трассы наледообразования на момент изысканий не выявлено.

Русловые наледи вследствие перемерзания русла водотоков образуются русловые наледи различной мощности. Особенно это характерно для водотоков Тунгусского района, где зимний сток более низкий. На ручьях, которые перемерзают ежегодно к концу декабря, наледь бывает небольшая, растет медленно и после исчезновения стока воды полностью прекращает свой рост. Толщина льда с учетом наледи на таких водотоках колеблется от 0,5 до 1,0 метра. При этом часть ручьев уже с осени не имеет стока, и их русла являются пересохшими к началу зимнего периода, покрываясь снежным покровом. На малых реках и речках с врезанным руслом, которые перемерзают частично, либо полностью только к середине зимы, наибольшая толщина льда, с учетом постепенно растущей наледи, колеблется в пределах от 1,00 м до 1,70 м при средней толщине 0,80-1,20 метра. На р. Чавичинэ, Тохомо, наледь в период изысканий не наблюдалась, наибольшая толщина льда была в пределах 0,75-0,95 м. В суровые зимы на этих реках могут наблюдаться небольшие наледи, вследствие частичного перемерзания перекаатов и наибольшая толщина льда может достигать 1,40-1,60 м.

Максимальная толщина льда с учетом наледи для исследуемых рек 1% вероятности превышения определялась по формуле СНиП 2.05.03-84 с использованием климатических характеристик ближайших метеостанций. Для Тунгусского гидрологического района толщина льда 1% обеспеченности на крупных водотоках в особо суровые зимы с учетом наледи может быть равна 202 см. В таблице 3 приводится максимальная толщина льда с учетом наледи основных крупных рек участка работ.

Максимальная толщина льда на крупных реках

Максимальная толщина льда с учетом наледи, м	р. Чавичинэ	р. Тохомо	р. Бугарик	р. Вэдришэ
По данным рек-аналогов	1,93	1,93	1,63	1,45
По СНиП 2.05.03-84	2,02	2,02	1,95	1,78
По данным прошлых лет	1,05	1,25	0,95	0,80

Солифлюкция в районах прохождения трассы не встречена. Однако она обширно распространена за пределами проектируемых объектов. Проявляется она в весенний период, при переувлажнении приповерхностных горизонтов на бровках склонов. Происходит течение вниз по склону почвенно-растительного и мохово-растительного слоев с древесной растительностью. Солифлюкционное течение грунтов возможно на склонах северной экспозиции, где скальные породы перекрыты мерзлыми делювиально-солифлюкционными суглинками со щебнем и дресвой. В настоящее время эти участки покрыты редкостойными лиственничниками с мощным моховым покровом, препятствующим протаиванию мерзлых грунтов в летнее время, и солифлюкционное смещение грунтов здесь почти не проявляется. Солифлюкция проявляется в местах бывших горельников, где из-за прохождения пожаров нарушается термодинамическое равновесие при нарушении мохово-растительного слоя. Трасса ЛЭП пересекает два участка бывших горельников, где восстановился мохово-растительный слой и наблюдается зарастание молодым подростом.

Однако в случае значительного нарушения почвенно-растительного покрова в период строительства солифлюкционные процессы могут сильно активизироваться, привести к быстрому и фронтальному смещению разжиженной толщи грунтовых масс (быстрая солифлюкция – спływ) на десятки метров, что может вызвать деформации и разрушение сооружений. Чтобы минимизировать проявление солифлюкции, на участках развития

мерзлоты следует не допускать площадных нарушений почвенно-растительного покрова.

Оползневые процессы по трассе не проявляются.

Термокарстовые процессы развиваются на участках, сложенных льдистыми отложениями. Процессы активно развиваются в районах, затронутых техногенным или иным воздействием, при нарушении термодинамического баланса в многолетнемерзлых породах. Термокарст возникает в результате оттаивания льдонасыщенных грунтов, их просадки и образования отрицательных форм рельефа. На исследуемом участке проявление процесса термокарста на момент изысканий не выявлено.

На участках трассы в верхней части разреза до глубины 0,70-2,30 м встречены льдистые грунты. На данных участках льдистые грунты распространены в деятельном слое (слое сезонного промерзания-оттаивания), процессы термокарста не проявляются.

На некоторых участках в интервалах глубин 0,80-7,00 м встречены льдистые грунты, которые при оттаивании при нарушении почвенно-растительного покрова могут образовывать термокарстовые формы рельефа.

Термоэрозия. Существенной в области развития мерзлых пород оказывается деятельность временных русловых потоков, т.е. действие зарегулированного стока дождевых и снеговых вод. Этот процесс линейной эрозии, получивший название термоэрозии, заключается в сочетании механического (размывающего) действия воды с термическим воздействием. Механизм денудации в основном обусловлен опережающим оттаиванием мерзлых пород и последующим их размывом.

Термоэрозия распространена в долинах временных водотоков. Эти процессы приводят к образованию оврагов различной протяженности и глубины. Особенно активно овражная деятельность развивается в низах склона с появлением целой сетки V-образных форм рельефа. Процессы термоэрозии и собственно эрозии доставляют большие проблемы при дальнейшей эксплуатации уже построенных объектов. Наблюдения

показывают, что антропогенное разрушение почвенно-растительного покрова на участках, имеющих определенные перепады высот, приводит к образованию термоэрозионных рытвин, перерастающих в овраги.

Такие формы рельефа обычно наследуют колеи дорог. Развитие оврагов отмечается по существующим автодорогам.

Русловая эрозия (боковая и глубинная) проявляется по берегам и дну рек, сложенных породами повышенной размываемости – песками и супесями, глинистые породы размываются в меньшей степени по мере размокания. Русловая эрозия выражена в долинах рек Чавичинэ, Тохомо.

Категория опасности объекта согласно СНиП 22-01-95 – умеренно-опасные.

Сейсмическая интенсивность. Интенсивность сейсмического воздействия для района составляет 5 баллов. Сейсмичность оценивается по СП 14.13330.2011 карта В – объекты повышенной ответственности. Категория опасности процесса – умеренно-опасные (СНиП 22-01-95).

Антропогенные процессы на участке трассы отмечены вырубками леса по геофизическим профилям.

Вырубка леса и частичное удаление почвенно-растительного слоя способствует нарушению температурного и влажностного режима грунтов и проявлению неблагоприятных физико-геологических и криогенных процессов.

Необходимо при проектировании и строительстве учесть и следующие неблагоприятные факторы, осложняющие строительство и эксплуатацию сооружений:

- периодическую затопляемость пойм пересекаемых рек, подмыв береговых склонов;
- наличие элювиальных грунтов. При вскрытии и замачивании водой, элювиальные грунты мелкообломочной зоны и зоны бесструктурного элювия – очень быстро размокаемые.

При проектировании должны предусматриваться мероприятия, снижающие воздействие неблагоприятных факторов, как в период строительства, так и при эксплуатации, мероприятия предохраняющие грунты от ухудшения их свойств.

1.6. Общая инженерно-геологическая характеристика района

Трасса проходит по долине р. Тохомо, пересекая ее русло.

Река Тохомо является левым притоком р. Камо и образуется от слияния двух рукавов, где за исток принят наибольший левый рукав. Долина реки асимметричная, трапецеидальной формы, покрыта смешанным лесом с преимуществом хвойных пород. Ширина долины достигает от 4,0 до 8,0 км.

Пойма реки двухсторонняя, шириной около 450,0 м, заросшая кустарником и лесом.

Абсолютные отметки поверхности изменяются от 222,01 до 211,73 м.

Участок характеризуется распространением мерзлых пород. В геологическом строении участка трассы принимают участие делювиально-элювиальные и аллювиально-делювиальные отложения четвертичного возраста.

Делювиально-элювиальные отложения представлены дресвяными грунтами с суглинистым заполнителем от 30 до 50%, слабодистыми, корковой криотекстуры. Крупнообломочный материал представлен обломками выветрелых осадочных пород (алевролитов, песчаников, реже известняков). Вскрытая мощность дресвяных грунтов изменяется от 5,80 до 7,10 м.

Аллювиально-делювиальные отложения представлены супесями пластичномерзлыми, слабодистыми и галечниковыми грунтами с песчаным заполнителем до 35%, слабодистыми, корковой криотекстуры, при оттаивании водонасыщенными. Гравий и галька представлены обломками разного петрографического состава, с преобладанием осадочных пород.

Мощность суглинков изменяется от 5,20 до 5,40 м, галечниковых грунтов – от 2,60 до 2,90 м.

Повсеместно с поверхности под почвенно-растительным слоем вскрыты суглинки легкие пылеватые, льдистые, слоистой криотектуры, при оттаивании от мякопластичной до текучей консистенции. Мощность льдистых суглинков изменяется от 1,20 до 1,40 м.

Надмерзлотные воды формируются и функционируют лишь в летне-осенний период в сезонно-талом слое. Мощность водоносного горизонта определяется мощностью СТС. Питание грунтовые воды СТС получают за счет инфильтрации осадков, вытаивания линз и прослоев льда в водовмещающих породах и поверхностных вод реки.

На момент изысканий грунтовые воды переморожены.

На глубине нулевых годовых амплитуд (10 метров) температура грунтов изменяется от минус 1,61 до минус 2,05 °С.

Заключение

При выполнении дипломного проекта были рассмотрены инженерно-геологические условия и составлен проект изысканий под строительство участка трассы магистрального нефтепровода Куюмба-Тайшет через реку Тохомо. Описаны географические, климатические и геологические условия района работ, изучены инженерно-геологические условия участка, выявлены наиболее опасные геологические процессы, такие как морозное пучение.

Участок рассмотрен с точки зрения проектируемых работ и разработан план и методика проведения инженерно-геологических исследований для стадии рабочей документации, обеспечивающих получение достоверных данных, необходимых для проектирования. На данном участке было выделено 4 ИГЭ и приведена расчетная схема.

На участке планируется провести топографо-геодезические, буровые работы, инженерно-геологическое опробование, полевые опытные работы, лабораторные и камеральные работы. Исследования будут проводиться по методике, регламентированной нормативно-техническими документами.