

Санкт-Петербургский государственный университет

ШИРШАКОВА Татьяна Александровна

Выпускная квалификационная работа

Инженерно-геокриологические исследования на участке реконструкции трубопроводов в районе Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения.

Уровень образования *бакалавриат*

Направление *05.03.01 «Геология»*

Основная образовательная программа *СВ.5018 «Геология»*

Научный руководитель:

доцент кафедры
«Инженерная геология и грунтоведение»,
к.г.-м.н.В.А. Усов

Рецензент:

ведущий инженер
геологического отдела администрации
ООО «Газпром добыча Уренгой»
Шишкин О.А.

Санкт-Петербург

2020

Оглавление

Список принятых сокращений	3
Введение.....	4
Глава 1. Геолого-географическая характеристика района.....	5
1.1 Физико-географические условия района.....	5
1.2. Геологическое строение территории	8
1.2.1 Стратиграфия	8
1.2.2 Тектоническое строение.....	10
1.2.3 Геокриологические и гидрогеологические условия.....	12
Глава 2. Инженерно-геокриологические условия участка изысканий.....	17
2.1 Геоморфологическая характеристика и современное состояние участка	17
2.2 Состав и строение грунтов, распространенных на участке изысканий	19
2.3 Структуризация инженерно-геологического разреза.....	20
2.4 Температурный режим ММП и слой сезонного промерзания.....	26
Глава 3. Прогноз взаимодействия ММП с проектируемыми сооружениями.....	28
3.1. Расчет ореола оттаивания вокруг глубокой скважины.....	30
Заключение	33
Список литературы	35

Список принятых сокращений

1. ММП – многолетнемерзлые породы
2. ММГ – многолетнемерзлые грунты
3. ИГЭ – инженерно-геологический элемент

Введение

Больше 65% территории России занимает многолетняя мерзлота, которая может иметь как прерывистое, так и сплошное распространение. Раздел геологии, который изучает свойства, строение и динамику криолитозоны, носит название геокриологии. Инженерная геокриология, в свою очередь, занимается изучением основ проектирования и строительства зданий и других сооружений на многолетнемерзлых породах.

Основной целью данной выпускной квалификационной работы было составление геокриологического заключения по исследуемому участку в районе нефтегазоконденсатного Уренгойского месторождения (Ямало-Ненецкий автономный округ).

Изучаемая в выпускной работе область относится ко второму Ачимовскому участку месторождения, кусту скважин 2А39. На территории месторождения и исследуемого участка, в частности, сплошное и прерывистое распространение с поверхности имеют многолетнемерзлые породы, которые обладают характерными физико-механическими свойствами. Эти особенности распространения и строения толщ мерзлых грунтов обуславливают определенные правила производства строительства зданий и линейных сооружений на них.

На изучаемой территории в данный момент проектируется реконструкция линейного трубопровода от эксплуатационных газоконденсатных скважин, поэтому геокриологическое заключение по участку необходимо для осуществления дальнейшего строительства.

Таким образом, было составлено представление об исследуемом участке в географическом, геологическом и инженерно-геокриологическом планах, были изучены и описаны строение и физико-механические свойства многолетнемерзлых пород, распространенных на участке, а также сделаны прогнозы взаимодействия проектируемых сооружений с мерзлыми грунтами.

Глава 1. Геолого-географическая характеристика района

1.1 Физико-географические условия района

Территория Уренгойского месторождения располагается в северной части Западно-Сибирской равнины, в бассейне реки Пур. В административном отношении район относится к территории Пуровского района Ямало-Ненецкого автономного округа. В физико-географическом отношении – расположен на границе Пурской низменности и Ненецкой возвышенности, в тундровой зоне южной части Тазовского полуострова с холмисто-бугристым рельефом, осложненным эрозионной деятельностью рек, временных водотоков и озер.

Административным центром района является поселок Тарко-Сале, областным центром – город Тюмень. На территории месторождения расположен город Новый Уренгой.

Район месторождения в большей степени приурочен к Ненецкой возвышенности в плане морфоструктуры, а в геоморфологическом отношении представлен морской значительно переработанной денудацией равниной, характеризующейся плоско-волнистым рельефом. Абсолютные отметки поверхности изменяются в пределах 61-72 м.

Рельеф имеет значительное расчленение озерами. В целом заозеренность территории месторождений достаточно высока и составляет в среднем 17-18 %. Озера распределены неравномерно и приурочены в основном к водоразделам. Обилие озер обусловлено плоским рельефом, близким залеганием к поверхности водоупорных горизонтов, широким распространением многолетнемерзлых пород и большой увлажненностью.

Основным источником питания озер являются талые и дождевые воды. Роль грунтовых вод в питании озер незначительна, и для большинства из них подземное питание осуществляется только в теплый период года.

Образующие рельеф отложения представлены, главным образом, озерно-аллювиальными отложениями верхнечетвертичного и современного возраста. В основном это суглинки различной консистенции (от мягкопластичных до текучепластичных), темно-серые, с пятнами ожелезнения и с прослойками мелкого песка.

Рассматриваемая территория в гидрографическом отношении расположена в левобережной части бассейна р.Пур, пересекает его левобережные притоки.

По геокриологическим условиям рассматриваемая территория находится в Пуровской области, которая характеризуется практически сплошным распространением в плане и в разрезе многолетнемерзлых пород. Сквозные талики существуют лишь под руслами р.Пур и в устьевой части его крупных притоков, а также под крупными озерами.

Подшола многолетнемерзлых пород отбивается на месторождении на глубинах 320-430 м. Толща ММП охватывает четвертичные и палеогеновые отложения. Глубина сезонного оттаивания, в зависимости от литологического состава, изменяется от 0,4-0,8 до 2,6-3,0 м. Наименьшая глубина оттаивания характерна для торфяников с мощным моховым покровом.

Спектр современных экзогенных процессов, развитых в пределах описываемой территории, довольно узок. Наибольшее развитие получили гидроморфные и криогенные процессы. Первые представлены заболачиванием, вторые - термокарстом, морозобойным растрескиванием и сезонным пучением грунтов. В значительно меньшей степени развито многолетнее пучение, эрозия грунтов и солифлюкция. (Проект «Обустройство...», 2006)

В целом климат района можно считать резко континентальным, с суровой продолжительной зимой и коротким, прохладным летом, что обусловлено, вероятно, расположением в высоких широтах и влиянием северного Ледовитого океана. Для территории характерны резкие колебания температур в течение года, иногда даже суток, большое количество выпадающих атмосферных осадков и краткая продолжительность безморозного периода.

Среднегодовая температура воздуха составляет $-7,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, среднемесячная наиболее холодного месяца (февраль) $-24,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, самого жаркого (июль) $+13,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Абсолютный минимум температуры составил $-53\text{ }^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум $+37\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таблица 1. Среднемесячная и годовая температура воздуха, ($^{\circ}\text{C}$) м/с Новый Уренгой (<https://ru.climate-data.org/>, дата обращения 08.12.2019)

Т, $^{\circ}\text{C}$	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя	-25,3	-24,9	-18,2	-11,1	-2,7	+7,5	+13,9	+11,4	+5	-5,4	-17	-22,3	-7,4
Абсол. min	-29,5	-29,4	-23,7	-16,4	-6,9	+3,9	+9,9	+7,9	+2,1	-8,1	-20,8	-26,2	-11,4
Абсол. max	-21,1	-20,3	-12,7	-5,7	+1,6	+11	+18	+14,9	+7,9	-2,7	-13,2	-18,3	-3,4

Дата наступления устойчивых морозов 10.10, дата прекращения – 14.05, продолжительность 212 дней. Средняя продолжительность безморозного периода 89 дня, средняя дата первого заморозка 13 сентября, последнего – 16 июня.

Достаточно высокая влажность воздуха обусловлена тем, что осадков в районе выпадает много, среднегодовое количество составляет 429 мм, большая часть их выпадает в теплый период, с апреля по октябрь. Среднемесячная относительная влажность воздуха варьируется от 75% до 86%. (<https://ru.climate-data.org/>, дата обращения 08.12.2019)

Непосредственно на участке исследования, куст скважин А39, повсеместно распространены насыпные техногенные грунты (песок). В снежное время года территория

частично очищается от снега с целью открытия доступа к фонтанным арматурам эксплуатационных скважин и сооружениям.

1.2. Геологическое строение территории

1.2.1 Стратиграфия

В геологическом разрезе месторождения присутствуют допалеозойские и палеозойские метаморфизованные породы фундамента и отложения чехла, представленные терригенными песчано-глино-алевролитовыми породами палеозойского и мезозой-кайнозойского возрастов. (Электронный журнал «Вокруг газа», дата обращения 03.02.2020)

Палеозойский фундамент: представлен сильно дислоцированными кристаллическими породами, хлорит-серицитовыми сланцами и миндалекаменными базальтами, в которых полости выполнены хлоритом, иногда опалом, халцедоном и кальцитом.

Мезозойские отложения: представляют интерес для нефтегазодобычи, так как именно в этих отложениях встречаются продуктивные пласты, содержащие углеводороды.

Триасовая система представлена эффузивами в низу разреза (туфы, базальты, эффузивные песчаники) и выше переслаиванием песчано-алевро-глинистых пород, местами с конгломератами и прослоями аргиллитов.

Юрская система развита повсеместно и представлена чередованием песчаных и гравелитистых слоев со слоями алевролитов и уплотненных глин. Продуктивная тюменская свита сложена крайне неравномерным чередованием аргиллитов, алевролитов и песчаников и перекрыта абалакской свитой, представленной глинами, и баженовской свитой, представленной битуминозными аргиллитами.

Меловая система сложена переслаивающимися слоями песчаных, аргиллитовых и глинистых пород. Некоторые свиты в составе системы характеризуются неравномерным переслаиванием и линзовидными формами залегания, а также включениями различных пород. Меловая система также характеризуется наибольшим распространением продуктивных пластов различных ярусов и поэтому представляет большой интерес для разработки и нефте- и газодобычи. (Дополнение к Единой..., 2015)

Четвертичная система представлена в широких пределах морскими и ледниково-морскими отложениями салехардской свиты (Q_{II}) и морскими отложениями казанцевской свиты (Q_{II}). К долинам крупных рек приурочены озерно-аллювиальные континентальные отложения ялбыньинской свиты (Q_{III}) и озерно-аллювиальные отложения, которые слагают III надпойменные террасы этих рек, но они имеют малое распространение. Современные аллювиальные комплексы пород (Q_{IV}) встречаются по долинам рек и развиты слабо. (Ершов, 1989)

Салехардская свита представлена преимущественно морскими и прибрежно-морскими супесями и суглинками темно-серого цвета, в которых могут встречаться прослои и линзы мелко- и тонкозернистых песков с хорошей сортированностью. Казанцевские

морские отложения могут быть представлены различными типами пород от мелкозернистых песков до алевроитов, реже глин, и характеризуются наличием растительных остатков. (Геокриологические условия..., 1967) Озерно-аллювиальные пески разной зернистости характерны для ялбыньинской свиты, имеющей здесь мощность 10-20 м, и распространены локально. Сходные по составу верхнечетвертичный и голоценовый аллювий рек отличается песчаным составом и характеризуется наличием значительного количества остатков организмов, мощность этих отложений, обычно, не превышает 10-12 м. Биогенные голоценовые отложения (Q_{IV}) встречаются повсеместно и обычно представлены торфом мощностью 0,5-4 м. (Ершов, 1989)

Непосредственно на исследуемом участке изысканий в строении разреза до изучаемой глубины принимают участие отложения верхнего неоплейстоценового возраста (Q_{III}) и голоценового возраста (Q_{IV}). Верхние неоплейстоценовые отложения представлены озерно-аллювиальными песками различной крупности с линзами и прослоями суглинков, глин и супесей и относятся к третьей надпойменной террасе реки Пур. Голоценовые отложения представлены болотными – коричневыми сильноразложившимися торфами, аллювиальными мелкими и средними песками ручьев и р. Малхойяха и техногенными грунтами, выполненными насыпными мелкими песками мощностью от 2 до 3,5 м. (Технический отчет..., 2019)

1.2.2 Тектоническое строение

Регион приурочен к Западно-Сибирской эпиплатформе, чехол которой состоит из мезозойских и кайнозойских горизонтально залегающих толщ, а фундамент имеет складчатое строение и палеозойский возраст и является частью Урало-Монгольского пояса.

Фундамент плиты был сформирован в результате коллизии Восточной Европы, Казахстанского древнего континента и Сибири. В западной части Западно-Сибирской плиты распространены палеозойские структуры Уральского складчатого пояса. Другой палеозойской складчатой системой, входящей в фундамент плиты, являются Иртыш-Зайсанские «герциниды». Между этими двумя складчатостями располагается массив более древней коры, который, вероятно, являлся некогда частью континента Казахстана и являлся его северным выступом. Он образован в ходе слияния трех протерозойских фрагментов, законченного в среднепалеозойское время, его фундамент перекрыт выше слабо смятыми окраинно-континентальными вулканитами и осадочными породами девона-перми. В районе слияния Иртыша и Оби выделяется еще один континентальный блок – Ханты-Мансийский, который скорее всего является продолжением Казахстанского палеоконтинента. Юго-Восточная часть фундамента составляет раннепалеозойское приращение окраины Сибирского континента к Алтае-Саянской складчатой системе, а вдоль левого берега Енисея обнаруживаются складчатые байкалиды и выступы дорифейских образований.

Чехол Западно-Сибирской плиты имеет форму глубокого прогиба, причем в средней части его глубина составляет около 3-3,5 км, а к северу фундамент залегает уже на глубинах 6-8 км и более. Верхний этаж чехла состоит из двух структурных ярусов: авлакогенного и плитного. Отложения авлакогенного яруса относятся к P_3 – T и слагают Пурский авлакоген. К похожим структурам также относятся Челябинский грабен, палеорифты, заложенные в основании чехла Хатангской впадины и под Тургайским прогибом. Отложения авлакогенного комплекса в основном представлены базальтами и риолитами, фиксирующими рифтинг, и выше перекрытые терригенными отложениями верхнего триаса – нижней юры.

Плитный комплекс отложений имеет возраст средней-верхней юры – неогена и отражает в основном чередующиеся наступления и отступления моря. В юрское время на месте триасовых рифтов все еще сохранялись желоба, которые заполнялись осадками, а в краевых частях формировались относительные поднятия. В результате этого отложения средней и верхней юры залегают трансгрессивно, с максимумом трансгрессии в баженовское время. После него наступает регрессия и нижнемеловые и сеноманские породы, представленные в основном переслаиванием глинистых отложений и песчаников, формируют основной нефтеносный комплекс данного региона. С начала верхнего мела и до

конца эоцена вновь происходит морская трансгрессия, которая формирует мощный глинистый флюидоупор. В конце палеогена и неогене морские условия накопления сменяются континентальными. (Бискэ, 2019)

Уренгойское месторождение расположено в пределах Надым-Тазовской синеклизы. Условия возникновения структур в данной области довольно разнообразны. Основной структурой региона можно считать Уренгойский мегавал, к которому прилегают террасы и более удаленные от него прогибы или структурные заливы, переходящие в Большехетскую мегавпадину в северных частях.

В пределах территории, на ее большей части, исходя из геофизических сейсмических данных выделяются три структурных этажа: древний докембрийский фундамент, приуроченный к салаирской складчатости, и залегающие выше 2 этажа отложений чехла. На фундаменте залегает чехол палеозойских пород, который осложнен присутствием перм-триасового палеорифта, выше палеозойский этаж перекрыт мезо-кайнозойским, который сложен триас-юрскими и мел-палеогеновыми отложениями. Все нижележащие породы несогласно перекрыты четвертичными.

Породы фундамента в пределах региона непосредственно не были вскрыты скважинами, но были обнаружены восточнее – в Красноярском крае. Докембрий повсеместно представлен филлитами и различными метаморфическими сланцами. Породы фундамента, приуроченные к герцинской эпохе складчатости, были описаны выше в разделе геологического строения территории.

Одной из масштабных структур в пределах Западно-Сибирской плиты является Ямало-Тазовская мегасинклинальная зона, которая состоит из ряда синеклиз и антеклиз. Уренгойский мегавал, к которому и приурочено Уренгойское месторождение, входит в состав Надым-Тазовской синеклизы, которая в свою очередь является частью этой самой Ямало-Тазовской мегасинклинальной зоны. Мегавал является линейно ориентированной высокоамплитудной структурой, которая на юго-западе примыкает к Варьеганско-Пурпейской антиклинали. На севере мегавал граничит с Хадуттейской впадиной и на западе с Нерутинской впадиной, которые соединены друг с другом через Песцовую седловину. Восточная часть Уренгойского мегавала ограничена Нижне-Пурским прогибом, который переходит в Хадыряхскую моноклиаль. (Дополнение к Единой..., 2015)

1.2.3 Геокриологические и гидрогеологические условия

Согласно схеме общего геокриологического районирования Западно-Сибирской плиты (Ершов, 1989, рис. 58) территория месторождения приурочена к Харасавэй-Новоуренгойской подзоне Континентальной провинции Западно-Сибирского региона, к южной части Тазовской области.

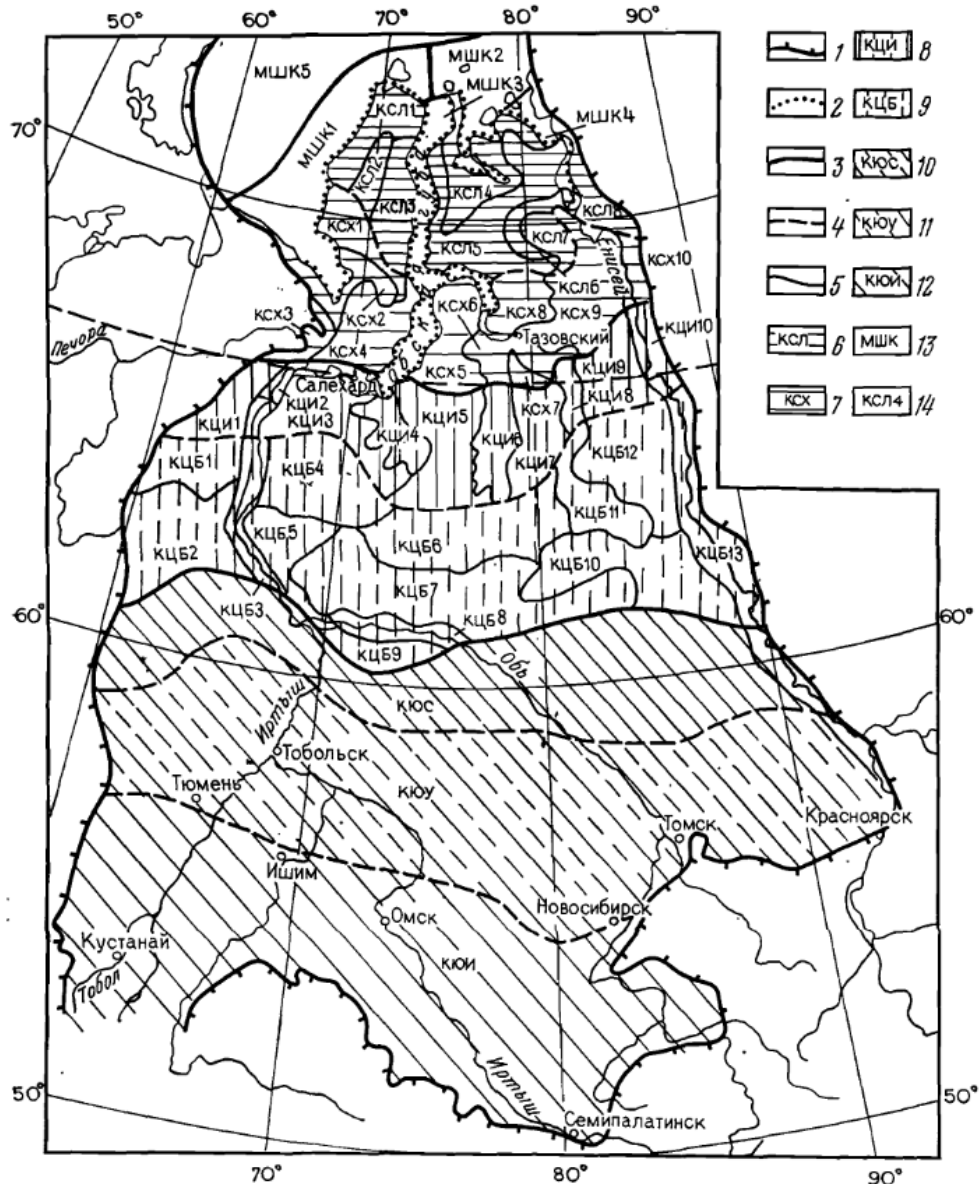


Рис. 58. Схема общего геокриологического районирования Западно-Сибирской плиты (составили В. Т. Трофимов, В. В. Баудин, Ю. К. Васильчук):

1—5 — границы геокриологических таксонов: 1 — регионов первого порядка, 2 — регионов второго порядка, 3 — зон, 4 — подзон, 5 — областей; 6—12 — подзоны Континентальной провинции: 6 — Лескинско-Антипаютинская, 7 — Харасавэй-Новоуренгойская, 8 — Игарко-Нумтнская, 9 — Туруханско-Угутская, 10 — Советско-Устьтымская, 11 — Урай-Новосибирская, 12 — Ишим-Семипалатинская; 13 — Карская подзона Карской шельфовой зоны Субмаринного региона второго порядка; 14 — индекс геокриологической области (названия см. в табл. 19)

Рисунок 1. Схема общего геокриологического районирования Западно-Сибирской плиты (Ершов, 1989)

В данной части области широко развитие имеют талики, причем сквозные талики здесь распространены под руслами крупных рек и под озерами с глубиной больше 0,8 м и диаметром более 200 м. Несквозные талики встречаются на участках, где мощность

снежного покрова превышает 60-80 см. Многолетнемерзлые породы характеризуются практически сплошным с поверхности распространением на заболоченных и дренированных торфяниках и оторфованных участках, на залесенных и безлесных буграх и грядах пучения, а также на участках с минеральными грунтами без растительности.

Среднегодовые температуры мерзлых пород варьируют в широком диапазоне. На равнинных участках водоразделов и террас с крупнокучковатым микрорельефом они изменяются от -1 до -4 °С. Такой же широкий диапазон (от 0 до -3 °С) встречается на междуречьях в редколесьях с лиственницами, карликовыми березами и лишайником, которые растут в основном на песчаных породах.

Большая часть территории месторождения характеризуется сплошным распространением мерзлых грунтов и значительной их мощностью. На безлесных водоразделах их мощность может достигать 300-400 м с поверхности. На залесенных территориях между реками, на их террасах и поймах мощность мерзлых пород может резко сокращаться до 10-50 м, причем на таких участках они могут иметь погруженное залегание на глубину 5-20 м. Двухслойное строение ММП наблюдается в областях распространения промерзающих хасыреев, мощность первого слоя обычно около 5-10 м, а кровля нижнего слоя встречается на глубинах 10-20 м. (Ершов, 1989)

В пределах всей Тазовской области развитие имеют как генетически однородные, так и неоднородные в разрезе толщи ММП. Однородные сложены эпигенетически промерзшими толщами и занимают больше 80% площади. Неоднородные толщи представлены сингенетически промерзшими породами, которые встречаются в частях аккумуляции верхнечетвертичных и голоценовых морских, лагунно-морских и аллювиальных террас.

Литологически неоднородная салехардская свита обладает изменчивыми свойствами в зависимости от состава. Суглинки имеют эпигенетическое происхождение, а максимальная льдистость характерна для верхних горизонтов и при движении вглубь уменьшается. Криогенные текстуры также изменяются по вертикали: от слоистых и слоисто-сетчатых частошлировых у поверхности до слоистых и неполносетчатых редкошлировых на глубине. Суглинки приобретают текучую и пластичную консистенцию при оттаивании. Такие же льдистость и криотекстуры характерны для супесей, при оттаивании они обладают текучей, пластичной и редко твердой консистенцией. Для песков этой свиты характерны обычно массивные криогенные текстуры. (Ершов, 1989)

Суглинки и супеси казанцевской свиты также имеют эпигенетическое происхождение и их льдистость уменьшается с глубиной. В них наблюдаются линзовидно-слоистые, слоистые и слоисто-сетчатые частошлировые криогенные текстуры. На глубине криотекстуры претерпевают изменения и становятся слоистыми и неполносетчатыми

редкошлировыми, иногда переходят в массивную. При оттаивании толщи могут переходить в текучее, пластичное, редко полутвердую консистенцию. Пески казанцевской свиты также обычно имеют массивную криотекстуру, в них могут встречаться единичные шпирьы льда толщиной 1-2 мм, а при оттаивании они приобретают текучее состояние.

Суглинки и пески ялбыньинской свиты незначительно распространены на территории месторождения, часто встречаются в виде линз или покрова малой мощности. Суглинки обладают слоистыми и слоисто-сетчатыми криогенными текстурами, мелкие пески – массивными. При оттаивании суглинки приобретают пластичную, а пески – текучую консистенцию.

Верхнечетвертичные и голоценовые отложения аллювия рек представлены преимущественно песками разной зернистости, среди которых встречаются как сингенетически промерзшие, так и эпигенетические. Первые встречаются в верхних частях разреза надпойменных террас и поймы и характеризуются линзовидно-слоистой частошлировой криотекстурой. Вторые обладают массивной криогенной текстурой. Иногда в разрезе могут встречаться сингенетически промерзшие суглинки и супеси с линзовидно-слоистыми и пояскового типа криогенными текстурами.

Голоценовые биогенные толщи обладают высокой влажностью (500-1500%) и льдистостью (0,5-0,9). Плотность торфа варьирует от 0,6 до 1,1 г/см³, плотность сухого грунта – от 0,1 до 0,7 г/см³.

Гидрогеологические особенности участка обусловлены распространением вод верхнего гидрогеологического комплекса в рыхлых олигоцен-четвертичных отложениях. Выделяются надмерзлотные воды сезонноталого слоя и несквозных таликов, межмерзлотные, подмерзлотные и воды сквозных таликов. (Ершов, 1989)

К распространенным с поверхности толщам многолетнемерзлых грунтов приурочены воды сезонноталого слоя, источником питания для них выступают поверхностные воды, мощность варьирует в пределах 0,4-2,5 м. Они безнапорные, гидрокарбонатно-натриевые, минерализация 5-30 мг/л. В зимнее время данный водоносный горизонт промерзает полностью. Воды несквозных таликов встречаются на глубинах от 1 до 10 м, распространены они в песках и супесях. Воды безнапорные, пресные, гидрокарбонатно-натриевые или кальциевые с минерализацией 5-40 мг/л.

В линзах или прослоях песка на глубинах от 8 до 70 м иногда встречаются воды межмерзлотные, мощность этого горизонта может быть от нескольких метров до 25-30 м. Они обладают напором 7-25 м с дебитом 10-15 м³/ч, преимущественно гидрокарбонатно-натриевые, минерализация их 5-50 мг/л. Питание вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков по таликовым зонам.

Наибольшей водообильностью обладают воды сквозных таликов с дебитом 15-20 м³/ч. Мощность их составляет 20-30 м, глубина залегания колеблется от 0,2 до 5 м. Воды безнапорные, по химическому составу гидрокарбонатно-натриевые или кальциевые, минерализация составляет 10-50 мг/л. Их питание происходит за счет инфильтрации поверхностных и атмосферных осадков, и они в свою очередь питают межмерзлотные и подмерзлотные воды.

Подмерзлотные воды характеризуются наиболее глубинным залеганием, более 100 м. Напор их составляет 50-80 м, иногда выше. По химическому составу подмерзлотные воды пресные, гидрокарбонатно-натриевые и их дебит составляет 40-50 м³/ч.

Исходя из специфичной геокриологической обстановки в Тазовской области преобладает распространение сезонноталого слоя. На территории месторождения сезонноталый слой преимущественно охватывает пески, торф и суглинки. Мощность его варьирует от 0,3 до 2,5 м, иногда больше. В пределах распространения торфа и на плоских заболоченных участках с мощным покровом мха данный слой имеет минимальную мощность (до 1,5 м). Максимальные мощности встречаются на хорошо дренированных участках из супесей и песков. (Ершов, 1989)

Широкое распространение имеют многолетние бугры пучения, которые подразделяются на 3 типа. К первому типу относят торфяные бугры пучения, которые встречаются в заболоченных понижениях или на плоских торфяниках. Форма бугров преимущественно овальная, высота достигает 3-4 м. Булгуняхи (бугры второго типа) распространены в хасырях или в междуречьях на заболоченных пространствах, высота их меняется от 8 до 10 м. В пределах территории месторождения они встречаются крайне редко. Третий тип бугров (сопки) обладают наибольшими размерами и встречаются в Тазовской области только в местах выходов палеогеновых глин. Первые два типа бугров обладают ледяным ядром разной мощности, сопки льдогрунтового ядра не имеют.

Сезонное пучение также имеет широко распространение на территории месторождения и может приводить к формированию пятен-медальонов в сочетании с морозобойным растрескиванием, мелкобугристого рельефа и сезонных бугров пучения.

Термокарстовые формы рельефа характерны для плоских водоразделов и склонов речных долин, а также к слабодренированным поверхностям. Основной формой термокарстового рельефа являются озера. Большое количество озер сформировалось при вытаивании сегрегационных льдов. (Ершов, 1989)

Морозобойное растрескивание и полигонально-жильные структуры развиваются на всей территории, преимущественно в торфяных грунтах. Повторно-жильные сингенетические и эпигенетические льды также встречаются в торфяниках. Широкое развитие имеет

остаточно-полигональный рельеф на минеральных грунтах и плоскобугристые торфяники. Помимо всего перечисленного, достаточное распространение имеют процессы заболачивания.

В целом, в силу особенностей криогенного строения многолетнемерзлых пород, криогенных процессов и явлений территория месторождения характеризуется наличием определенных сложностей, которые могут возникнуть при строительстве как площадных, так и линейных сооружений. (Ершов, 1989)

Глава 2. Инженерно-геокриологические условия участка изысканий

2.1 Геоморфологическая характеристика и современное состояние участка

Участок изысканий располагается в тундровой зоне на юге Тазовского полуострова, рельеф холмисто-бугристый и осложнен эрозионной деятельностью рек, временных водотоков и озер. Абсолютные отметки рельефа изменяются от 47 до 66 м.

Район работ частично обустроен, на территории изысканий находятся действующие площадки УКПГ и кустов с развитой сетью дорог.

В геоморфологическом отношении изучаемый участок приурочен к третьей надпойменной террасе р. Пур, представляющей собой равнину и занимающей большую часть площади, и современной аллювиальной пойме реки Малхойяха и ее ручьев.

Основная часть района изысканий расположена на медальонной заболоченной лишайниковой тундре. Мощность мохово-растительного слоя на медальонной лишайниковой тундре составляет меньше 0,3 м. Большая часть района изысканий расположена на заболоченной тундре. Мощность торфа на заболоченных участках изменяется от 0,2 до 1,4 м.

На поверхности медальонной лишайниковой тундры на минеральных грунтах плоских участков образуется своеобразный рельеф в виде «медальонов» - чередования приподнятых участков (до 0,5 м), покрытых лишайником, и переувлажненных заболоченных понижений. К данным типам местности, как правило, приурочены участки развития ММП.

Можачины на территории представлены в виде обводненных понижений на заболоченной тундре. К данному типу местности, как правило, приурочены участки с заглубленной кровлей многолетних грунтов.

Залесенные суходолы приурочены к дренированным бортам рек и возвышаются над окружающей поверхностью на 1-2 м, обычно сложены тальми грунтами до 15 м. Участки развития многолетнемерзлых пород приурочены, как правило, к заболоченной и медальонной лишайниковой тундре, редко к окраинам залесенных суходолов. Мощность мерзлых пород с поверхности составляет от 3,3 до 20 м и больше. Участки с заглубленной кровлей многолетнемерзлых грунтов встречаются практически на всех типах местности, кровля их залегает с глубин от 3,3 до 10,7 м.

В связи с большой изменчивостью литологического состава поверхностных отложений, разнообразием форм мезо- и микрорельефа и условий увлажнения грунтов для

района характерна пестрота и неоднородность растительного покрова, частная смена почвенных разностей и растительных сообществ.

Территория в очень сильной степени заболочена и заозерена. Водораздельные пространства заняты плоскобугристыми болотами. Склоны водоразделов заняты плоскобугристыми болотами с кустарниково-лишайниково-моховым покровом по буграм и травяно-моховым по понижениям.

Антропогенные ландшафтные образования приурочены к освоению и эксплуатации месторождения и были сформированы в ходе использования тяжелой техники, прокладки трубопровода, построения зданий и сооружений.

Особенности климатических условий района изысканий в значительной степени определяются ее географическим положением в высоких широтах, близостью холодного Арктического бассейна и характером рельефа. Климат района изысканий континентальный, с продолжительной морозной зимой и коротким прохладным летом. Над рассматриваемым районом как летом, так и зимой преобладают холодные арктические воздушные массы, что ведет к серьезному понижению температуры воздуха зимой и ее не значительному повышению в теплый период года. Переходные сезоны (весна и осень) короткие, с резкими колебаниями температуры. (Технический отчет..., 2019)

2.2 Состав и строение грунтов, распространенных на участке изысканий

На исследуемой территории, которая относится к кусту скважин 2А39, распространены отложения плейстоценового и голоценового возраста:

- *Техногенные грунты* голоценового возраста (tQ_{IV}), представленные насыпными мелкими песками мощностью от 2,5 до 3 м.
- *Болотные отложения* голоценового возраста (bQ_{IV}), представленные коричневыми сильноразложившимся торфом малой и средней влажности, мощность на участке изучения варьирует от 0,2 до 0,8 м.
- *Озерно-аллювиальные отложения* неоплейстоценового возраста (laQ_{III}), представленные супесями, суглинками и песками мелкой и средней крупности. Относятся к отложениям третьей надпойменной террасы реки Пур. Мощность супесей изменяется в пределах 1 – 7 м, суглинков – в пределах 0,1 – 5 м. Мощность песков до исследуемой глубины составляет 2 – 3 м.

Грунты в основном находятся в многолетнемерзлом состоянии, но на участках с заглубленной кровлей многолетнемерзлых пород – в талом состоянии. (Технический отчет..., 2019)

2.3 Структуризация инженерно-геологического разреза

На основании литологического состава, криогенных текстур и определенных в лабораторных и полевых условиях физических свойств встреченные в пределах изучаемой территории, до глубины 15 м, отложения объединены в инженерно-геологические элементы.

ИГЭ-t: песок мелкий, маловлажный, насыпной, средней плотности. Влажность составляет 0,13 д. ед. Мощностью от 2,5 до 3 м.

ИГЭ-1: торф сильноразложившийся, высокозольный, маловлажный. Влажность составляет 3,98 д. ед. Мощностью от 0,2 до 0,8 м.

ИГЭ-5: супесь пластичная. Влажность составляет 0,18 д. ед. Мощностью от 1 до 4 м.

ИГЭ-6: суглинок текучий. Влажность составляет 0,28 д. ед. Мощностью от 0 до 3 м.

ИГЭ-16: торф сильноразложившийся, пластичномерзлый, высокозольный, атакситовой криотекстуры, сильнольдистый, в талом состоянии – маловлажный. Влажность составляет 3,98 д. ед. Мощностью от 0,2 до 0,8 м.

ИГЭ-19: супесь твердомерзлая, слабольшдистая, в талом состоянии – пластичная. Криогенная текстура – слоистая. Влажность составляет 0,21 д. ед. Мощностью от 2 до 9 м.

ИГЭ-22: суглинок пластичномерзлый, слабольшдистый, в талом состоянии – текучепластичный. Криотекстура слоистая. Влажность составляет 0,23 д. ед. Мощностью от 0 до 5 м.

ИГЭ-27: песок мелкий, твердомерзлый, слабольшдистый, в талом состоянии – водонасыщенный. Криотекстура – массивная. Влажность составляет 0,21 д. ед. Мощностью от 0 до 1,5 м.

ИГЭ-28: песок средней крупности, твердомерзлый, слабольшдистый, в талом состоянии – водонасыщенный. Криогенная текстура – массивная. Влажность составляет 0,20 д. ед. Мощностью от 0,5 до 2,5 м.

Все вышеперечисленные ИГЭ выделены на инженерно-геологическом разрезе. Красная линия на разрезе показывает границу между талыми и мерзлыми грунтами. (Технический отчет..., 2019)

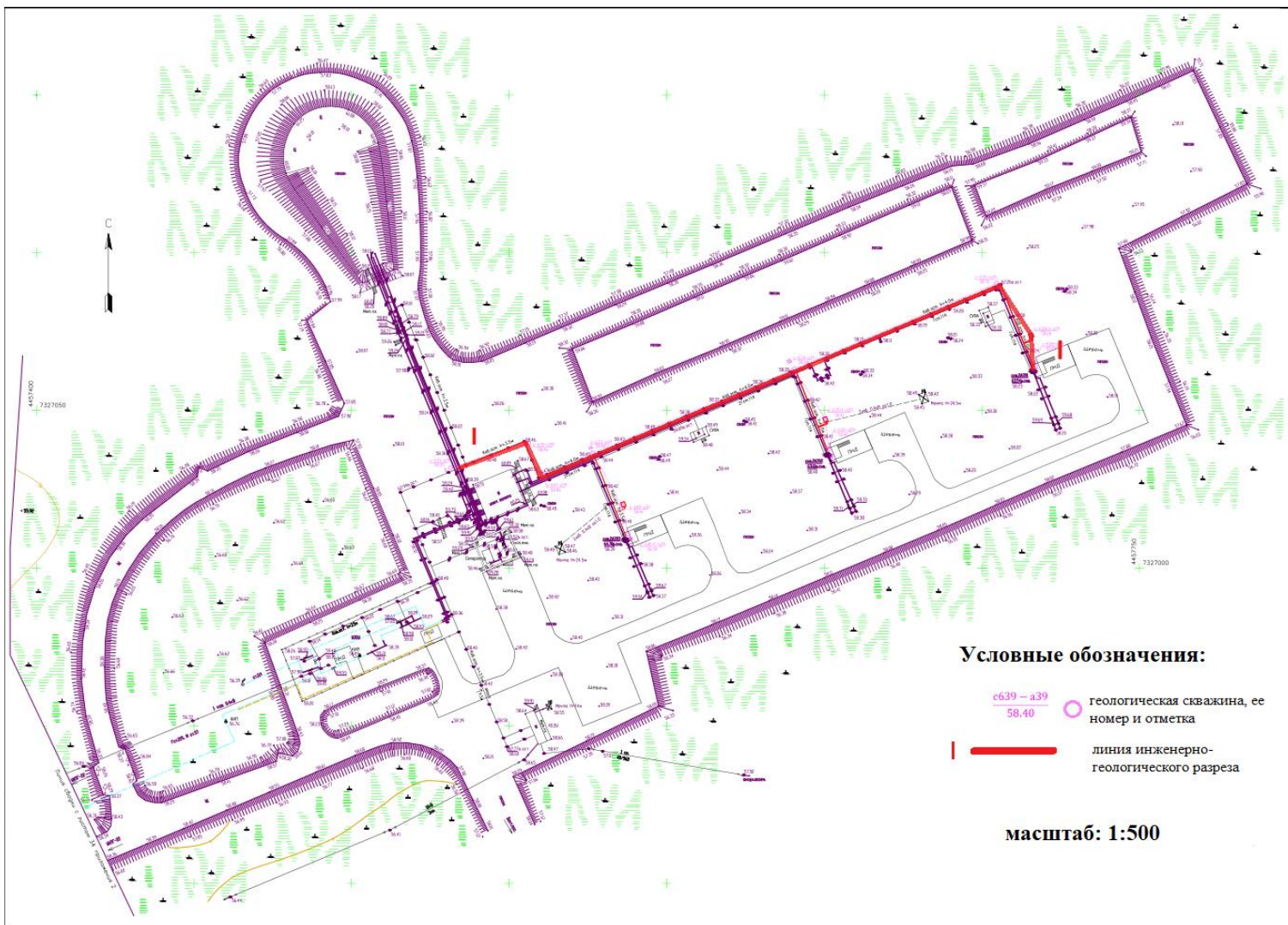
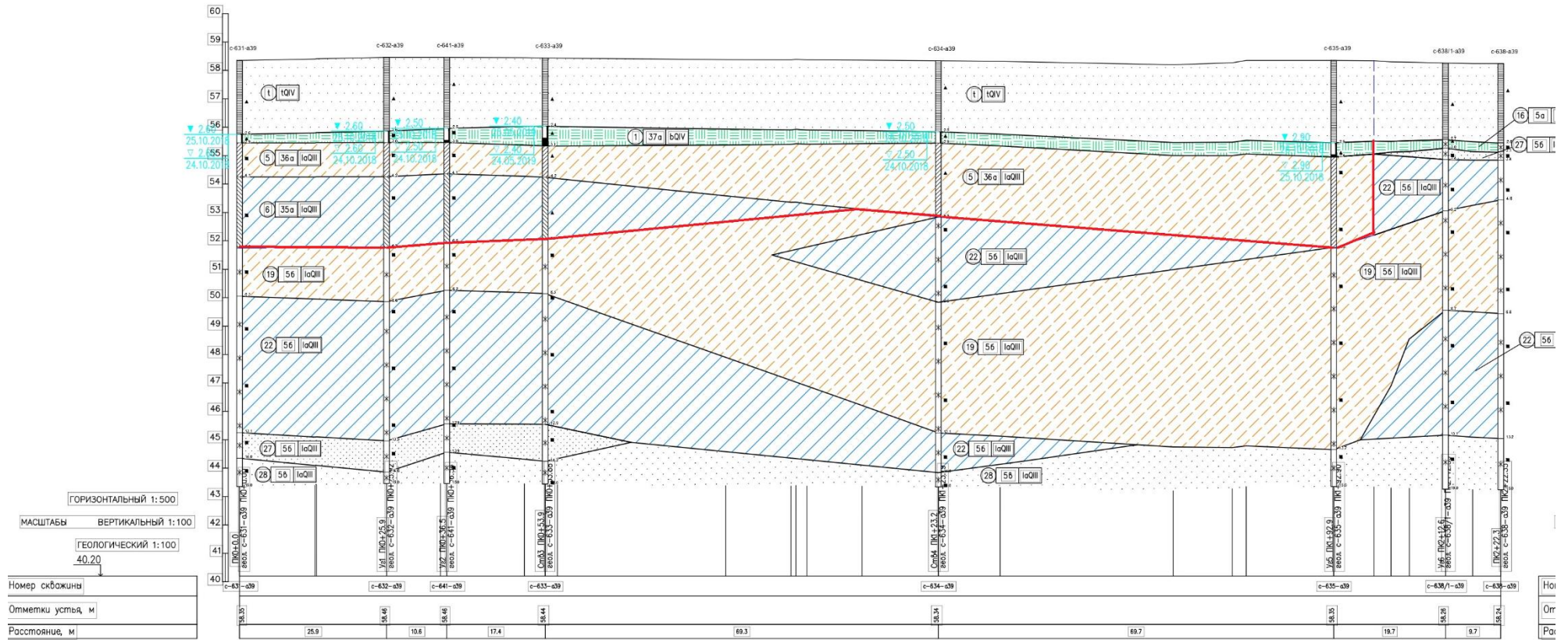


Рисунок 2. Схема исследуемого участка с линией разреза
(Технический отчет..., 2019)

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ по линии I-I



Условные обозначения:

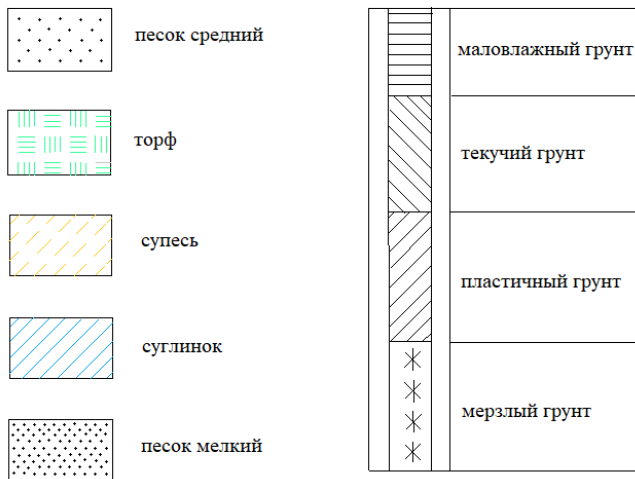


Рисунок 3. Инженерно-геологический разрез по линии I-I участка исследований (Технический отчет..., 2019)

Показатели физических свойств торфа в талом состоянии приведены в таблице 2.

Таблица 2. Показатели физических свойств торфа в талом состоянии

Номер ИГЭ	Тип торфа ВСН 26-90	Влажность W, %	Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	Плотность ρ , г/см ³	Плотность сухого грунта ρ_d , г/см ³	Коэффициент пористости, e
1	1А	398	1,79	0,96	0,19	8,42

К мерзлым многолетним грунтам относятся следующие инженерно-геологические элементы: ИГЭ-16, ИГЭ-19, ИГЭ-22, ИГЭ-27, ИГЭ-28. К талым грунтам относятся следующие инженерно-геологические элементы: ИГЭ-5, ИГЭ-6, ИГЭ-t.

Показатели физических и теплофизических свойств многолетнемерзлых грунтов приведены в таблице 3.

Таблица 3. Физические и теплофизические свойства ММГ

Наименование показателей	Индекс	Единицы измерения	ИГЭ-16	ИГЭ-19	ИГЭ-22	ИГЭ-27	ИГЭ-28
Влажность суммарная	W_{tot}	%	398	21	23	21	20
Влажность за счет незамерзшей воды	W_w	%	100	6	10	1	1
Влажность на границе текучести	W_L	%	-	21	25	-	-
Влажность на границе раскатывания	W_p	%	-	14	16	-	-
Число пластичности	I_p	%	-	7	9	-	-
Показатель текучести	I_L	-	-	1,0	0,78	-	-
Плотность грунта	ρ_f	г/см ³	0,9	1,90	1,88	1,92	1,96
Плотность сухого грунта	ρ_{df}	г/см ³	0,1	1,57	1,53	1,59	1,63
Плотность частиц грунта	ρ_s	г/см ³	1,7	2,65	2,66	2,64	2,64
Коэффициент пористости	e_f	-	8,4	0,69	0,74	0,66	0,62
Температура начала замерзания грунта	T_{bf}	°С	-0,38	-0,19	-0,28	-0,04	-0,02
Температура грунта	$T_{o.n.}$	°С	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80

Показатели физических и теплофизических характеристик талых грунтов приведены в таблице 4.

Таблица 4. Физические и теплофизические свойства талых грунтов

Наименование показателей	Индекс	Единицы измерения	ИГЭ-5	ИГЭ-6	ИГЭ-1
Влажность естественная	W_{tot}	%	18	28	13
Влажность на границе текучести	W_L	%	21	27	-
Влажность на границе раскатывания	W_P	%	14	18	-
Число пластичности	I_p	%	7	9	-
Показатель текучести	I_L	-	0,57	1,11	-
Плотность частиц грунта	ρ_s	г/см ³	2,65	2,65	2,64
Плотность сухого грунта	ρ_{df}	г/см ³	1,66	1,38	1,57
Плотность грунта	ρ_f	г/см ³	1,96	1,77	1,77
Теплопроводность талого грунта	λ_{th}	Вт/(м °С)	1,62	1,40	-
Объемная теплоемкость талого грунта	C_{th}	Дж/(м ³ °С) 10^{-6}	2,57	2,92	-

На изучаемом участке, где проводится реконструкция фонтанных арматур эксплуатационных газоконденсатных скважин куста 2А39 и проектируется наземный трубопровод, с поверхности до глубин 5-6 м распространены талые грунты (с учетом техногенных насыпных песков), ниже – многолетнемерзлые грунты. Однако, на участке в области скважин с-638/1-а39 и с-638-а-39 с поверхности, не считая техногенных грунтов, с глубины 2,6 м до глубины 15 м распространение имеют ММП.

Присутствующие на разрезе многолетнемерзлые грунты обладают слоистой и массивной криогенными текстурами. Однако, условия формирования этих структур различаются. Массивная криотекстура характеризуется отсутствием видимых ледяных включений, тогда как слоистая криотекстура обладает горизонтально или наклонно ориентированными толстыми или тонкими прослоями льда в грунте. Такие текстурные различия обусловлены особенностями формирования данных типов криотекстур. (Технический отчет..., 2019)

Слоистая криогенная текстура образуется на фронте замерзания вследствие возникновения напряжения раскатывания, которое появляется, если взаимное действие напряжений набухания и распучивания ниже фронта промерзания и давление от усадки грунта вследствие миграции воды к фронту промерзания выше прочности грунта. Тогда, из-

за действия в грунтах на фронте промерзания давления раскалывания, в них образуются системы параллельных трещин, которые в дальнейшем заполняются сегрегационным льдом. В таком случае мерзлый грунт приобретает слоистую криотекстуру.

Массивная криогенная текстура, в свою очередь, формируется, когда миграция воды к фронту промерзания не происходит, и напряжение скалывания в грунтах не возникает. В этом случае условие, при котором суммарное действие напряжений, возникающих в грунтах на фронте промерзания, по величине превышает величины прочностных характеристик грунта, не выполняется и минеральные частицы и агрегаты породы цементируются мелкими кристаллами и включениями льда. (Ершов, 2002)

2.4 Температурный режим ММП и слой сезонного промерзания

Нормативное значение среднегодовой температуры многолетнемерзлых грунтов ($T_{o,n}$) в соответствии с СП 25.13330.2012 допускается принимать равным температуре ММП на глубине 10 м от поверхности.

По данным термокаротажа среднегодовые температуры грунтов на глубине 10 м от поверхности изменяются от 0 до $-1,1$ °С. Это обусловлено различием в литологическом составе и влажности грунтов, различием в снегонакоплении, в элементах микрорельефа и в растительности. Наиболее низкие температуры ($-1,1$ °С) приурочены к болотам с мощностью торфа более 1 м, реже к местным возвышенностям, где мощность снега минимальна зимой. Наиболее высокие температуры ($-0,3$ °С) приурочены к участкам, где кровля ММП заглублена на 2 м и более.

В целом по исследуемому участку куста скважин 2А39 среднегодовая температура многолетнемерзлых пород составляет $-0,4$ °С. Такую anomalно высокую температуру и глубокое залегание ММП можно объяснить многолетним освоением участка и длительной работой эксплуатационных газоконденсатных скважин. В рабочем состоянии скважины взаимодействуют с вмещающими мерзлыми грунтами и между системами происходит теплообмен, вследствие чего за многолетний промежуток эксплуатации грунты, вероятно, были подтеплены.

В соответствии с тем, что с поверхности на исследуемом участке залегают талые породы, был произведен расчет глубины сезонного промерзания для насыпных техногенных грунтов (ИГЭ-т) в соответствии с формулой (Физико-механические свойства..., 2014):

$$d_{f,n} = \sqrt{\frac{2\lambda_f(T_{bf}-T_{f,m})t_{f,m}}{q_2}},$$

где

$$q_2 = L_v - 0,5C_f(T_{f,m} - T_{bf}),$$

здесь L_v – теплота замерзания грунта, равная 17500 Дж/м³ (из расчета); $T_{f,m}$ – средняя по многолетним данным температура воздуха за период отрицательных температур, равная $-15,9$ °С; $t_{f,m}$ – средняя по многолетним данным продолжительность периода отрицательных температур, равная 5880 ч; T_{bf} – температура начала замерзания грунта, определяемая по СП 25.13330.2012 и равная для песков $-0,10$ °С; C_f – объемная теплоемкость мерзлого грунта, равная $2,02 \cdot 10^6$ Дж/(м³·°С).

Таким образом, согласно формуле, глубина сезонного промерзания для насыпного техногенного грунта составила 4 м.

Однако, скважинами с-638-а39 и с-638/1-а39 были вскрыты с поверхности глубже техногенных грунтов исключительно многолетнемерзлые грунты. Для данного аномального участка была рассчитана глубина сезонного оттаивания для ИГЭ-т в соответствии с формулой (Физико-механические свойства..., 2014):

$$d_{th,n} = \sqrt{\frac{2\lambda_{th}(T_{th,c}-T_{bf})t_{th,c}}{q_1} + \left(\frac{C}{2q_1}\right)^2} - \frac{Q}{2q_1},$$

где Q – теплоток в мерзлые породы (тепло, расходуемое на летний обогрев ММП), ккал/м²; q_1 – количество открытой теплоты, поглощаемой при плавлении льда, содержащегося в породе, ккал/м³;

$$Q = \left(0,25 - \frac{t_{th,c}}{t_1}\right) (T_0 - T_{bf}) k_m \sqrt{\lambda_f C_f t_{th,c}};$$

$$q_1 = L_v + \left(\frac{t_{th,c}}{t_2} - 0,1\right) [C_{th}(T_{th,c} - T_{bf}) - C_f(T_0 - T_{bf})]$$

где $t_{th,c}$ – расчетный период положительных температур, ч; t_1 – время, принимаемое равным 3600 ч; t_2 – время, принимаемое равным 7500 ч; $T_{th,c}$ – расчетная температура поверхности грунта в летний период, °С; T_{bf} – температура начала замерзания грунта, °С, определяемая по СП 25.13330.2012; T_0 – расчетная среднегодовая температура ММП, °С; C_f и C_{th} – объемная теплоемкость, соответственно, мерзлого и талого грунта, Дж/(м³·°С); λ_f и λ_{th} – теплопроводность, соответственно, мерзлого и талого грунта, Вт/(м·°С); k_m – коэффициент, принимаемый для песчаных пород равным 1,0; L_v – теплота таяния грунта, Дж/м³.

Таким образом, согласно формуле, глубина сезонного оттаивания для насыпного техногенного грунта составила 3 м.

Глава 3. Прогноз взаимодействия ММП с проектируемыми сооружениями.

На исследуемом участке по линии скважин I – I проектируется эстакада под трубопровод, идущий от эксплуатационных газоконденсатных скважин. В таких случаях обычно эстакада возводится на сваях неглубокого заложения – до 10 м. Одним из необходимых условий проектирования является расчет несущей способности основания.

В данном случае был произведен расчет несущей способности вертикально нагруженной висячей сваи по формуле (Инженерное мерзлотоведение, 2014):

$$F_u = \gamma_t \gamma_c \left(RA + \sum_{i=1}^n R_{af,i} A_{af,i} \right)$$

где γ_t – температурный коэффициент, учитывающий изменение температуры грунтов основания в период строительства и эксплуатации сооружения, принимаемый равным 1,1 в данном случае 1,1; γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый в зависимости от вида и способов устройства фундаментов, в данном случае – 0,9; R – расчетное давление на мерзлый грунт под нижним концом сваи, кПа; A – площадь опирания сваи на грунт, м²; $R_{af,i}$ – расчетное сопротивление мерзлого грунта или грунтового раствора сдвигу по боковой поверхности смерзания фундамента в пределах i -го слоя грунта, кПа; $A_{af,i}$ – площадь поверхности смерзания i -го слоя грунта с боковой поверхностью сваи, м²; n – число выделенных при расчете слоев ММП.

Для свайных фундаментов значения R следует принимать при расчетной температуре грунта T_z на глубине z , равной глубине погружения сваи, а расчетные сопротивления сдвигу $R_{af,i}$ – при температуре грунта T_e на глубине середины i -го слоя грунта.

Расчетную температуру грунтов $T_{z,e}$ определяют по формуле:

$$T_{z,e} = (T_0 - T_{bf}) \alpha_{z,e} k_{ts} + T_{bf}$$

где T_0 – температура ММП, °С; T_{bf} – температура начала замерзания грунта, °С; $\alpha_{z,e}$ – коэффициент сезонного изменения температуры пород основания; C_f и λ_f – объемная теплоемкость, Дж/(м³·°С), и коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С), мерзлых пород; k_{ts} – коэффициент теплового влияния сооружения, принимаемый равным в данном случае 1,0.

Учитывая глубину заглубления свай 10 м, из перечисленных в главе 2.3 инженерно-геологических элементов мерзлых пород они будут затрагивать ИГЭ-19 и ИГЭ-22. Таким

образом, несущая способность свай, в зависимости от распределения на глубине ИГЭ и их физико-механических свойств, будет изменяться от 1296 кН до 1572 кН: в первой половине разреза (скважины с-631-а39, с-632-а39, с-641-а39 и с-633-а39) несущая способность свай составила 1404 кН, в области скважин с-634-а39 и с-635-а39 она составила 1296 кН и в области скважин с-638/1-а39 и с-638-а39 – 1572 кН.

3.1. Расчет ореола оттаивания вокруг глубокой скважины

Так как на участке исследования в данный момент работают три эксплуатационные газоконденсатные скважины, был произведен расчет ореола оттаивания многолетнемерзлых пород вокруг одной из этих скважин для оценки техногенного влияния на грунты.

Расчет ореола оттаивания вокруг глубокой скважины осуществлялся по формуле (Ершов, 1991):

$$r_T = \eta_a r_{\text{СКВ}}$$

где r_T – радиус оттаивания вокруг скважины на глубину y , м; $r_{\text{СКВ}}$ – внешний радиус скважины, м; η_a – безразмерный параметр, определяемый по номограмме (рис. 2) в зависимости от безразмерных величин b , M и H_a , вычисляемых по формулам:

$$b = \frac{\lambda_T}{r_{\text{СКВ}} \alpha_u};$$
$$M = \frac{\lambda_M (t_{\text{Н.З}} - t_0)}{\lambda_T (t_c - t_{\text{Н.З}})};$$
$$H_a = \frac{\lambda_T (t_c - t_{\text{Н.З}}) \tau}{r_{\text{СКВ}}^2 q \rho_{\text{с.м}} (W_c - W_n)}$$

где α_u – коэффициент теплообмена газа с внутренней поверхностью скважины, принимаемый равным 116 Вт/(м·°С); $t_{\text{Н.З}}$ – температура начала замерзания (оттаивания) грунта, °С; t_0 – температура грунта на глубине y , °С; t_c – температура транспортируемого газа, °С; τ – продолжительность оттаивания, ч; q – удельная теплота фазовых превращений воды, равная 93 Вт·ч/кг; W_c и W_n – суммарная влажность и влажность незамерзшей воды, доли единиц.

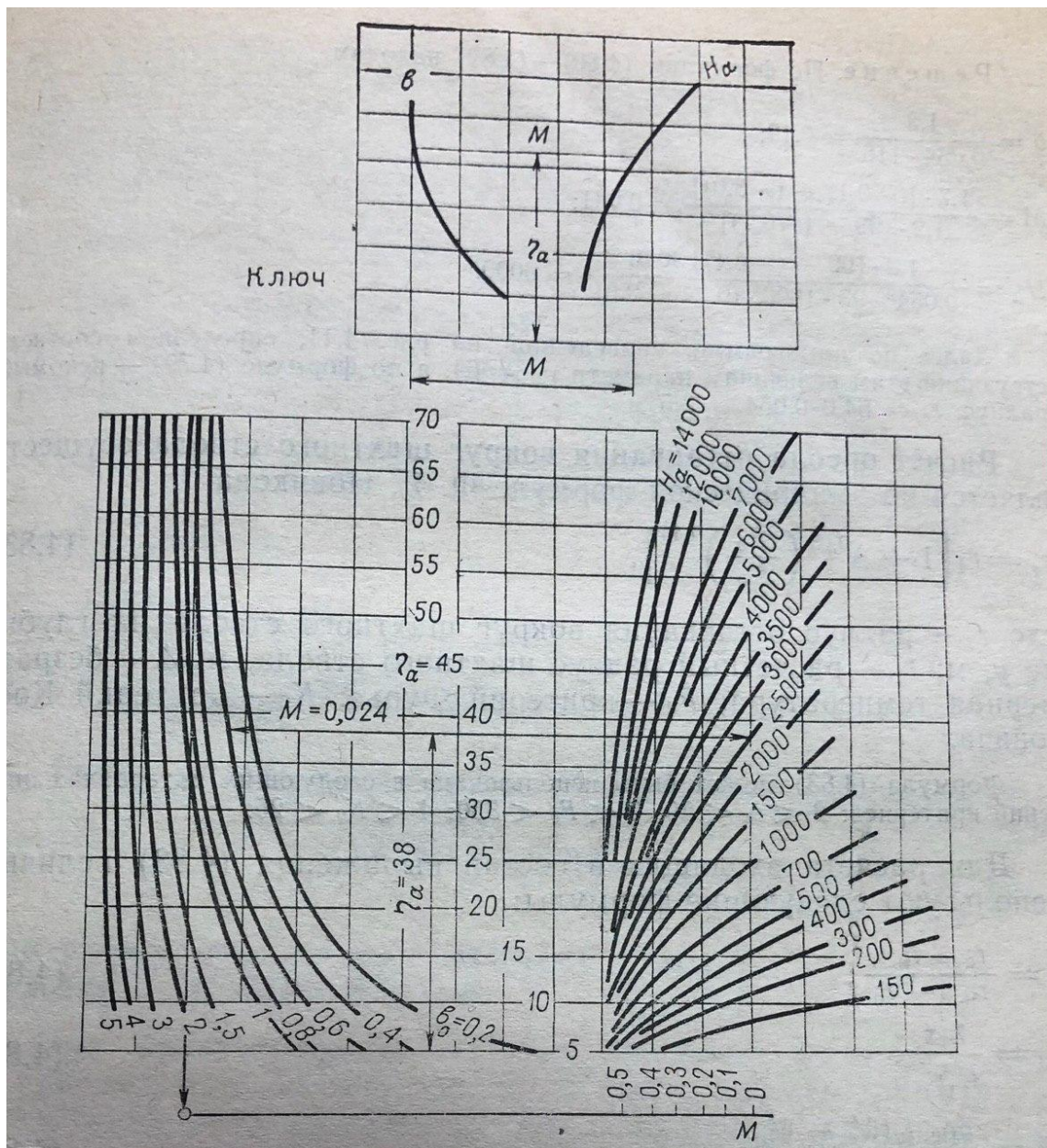


Рисунок 4. Номограмма для расчета радиуса оттаивания многолетнемерзлых пород вокруг скважины (Ершов, 1991)

Таким образом, величина ореола оттаивания ММП вокруг газоконденсатной скважины составила 1,6 м. Учитывая многолетнюю эксплуатацию скважин, оказываемое техногенное влияние на многолетнемерзлые грунты считается незначительным.

Для возможного проектирования сооружений в будущем необходимо рассчитать ориентировочную осадку при оттаивании грунта на исследуемом участке в радиусе ореола оттаивания вокруг глубокой скважины по формуле А.М. Пчелинцева (Инженерное мерзлотоведение, 2014):

$$s = \frac{\rho_s(w_{tot} - w_m)h}{1 + \rho_s},$$

где w_m – влажность минеральных прослоев; w_{tot} – суммарная влажность оттаивающих слоев; ρ_s – плотность минеральных частиц грунта; h – мощность оттаивающих слоев.

Тогда, учитывая разность многолетнемерзлых грунтов до глубины 15 м, для которой производился расчет, ориентировочная осадка при оттаивании грунта составила 43,6 см.

Данную величину осадки необходимо учитывать при проектировании строительства сооружений в радиусе 1,6 м от скважины, так как эксплуатация газоконденсатных скважин приводит к изменению термодинамического состояния вмещающих грунтов, к их оттаиванию и, следовательно, осадке. Осадка, в свою очередь, может привести к разрушению фундамента сооружения, поэтому в качестве рекомендаций может быть предложено применение защитных мероприятий, которые направлены на сохранение многолетнемерзлых пород в их естественном температурном режиме.

Заключение

Ввиду широкого распространения многолетней мерзлоты как на территории нашей страны, так и исследуемого района, в частности, необходимо было составить инженерно-геокриологическое заключение по участку, а также изучить особенности строительства и обустройства проектируемых сооружений на многолетнемерзлых грунтах.

В системе многолетнемерзлых пород, в отличие от обычных грунтов, также присутствует компонент – лед – который обуславливает все особенности механических и теплофизических свойств данных грунтов. Поэтому их изучение необходимо для будущего проектирования строительства в зонах сплошного и прерывистого распространения ММП.

Наибольший интерес в рамках исследований представляли четвертичные отложения, которые представлены на участке озерно-аллювиальными отложениями неоплейстоценового возраста и техногенными и биогенными отложениями голоценового возраста. Исходя из их физических свойств и литологического состава, было выделено 9 инженерно-геологических элементов в пределах изучаемого разреза.

- На основании физических и теплофизических показателей инженерно-геологических элементов были рассчитаны: нормативная глубина сезонного промерзания для талых грунтов, слагающих большую часть разреза, которая составила 4 м, и нормативная глубина сезонного оттаивания для мерзлых грунтов, составившая 3 м.
- В связи с проектируемым строительством эстакады под наземный трубопровод, был произведен расчет несущей способности свай. В результате, были получены следующие значения: для скважин 631, 632, 641 и 633 она составила 1404 кН, для скважин 634 и 635 – 1296 кН и для скважин 638 и 638/1 – 1572 кН. Полученные данные необходимо учитывать при строительстве, так как расчетная нагрузка на основание не должна превышать расчетной несущей способности свайного фундамента.
- Ввиду того, что на исследуемом участке располагаются эксплуатационные газоконденсатные скважины, был рассчитан ореол оттаивания мерзлых грунтов для одной из них. Радиус оттаивания составил 1,6 м, и для более полной оценки техногенного влияния на ММП была также посчитана ориентировочная осадка при оттаивании грунтов в пределах полученного радиуса. Осадка составила 43,6 см. Для предотвращения ее развития рекомендуется многолетнемерзлые грунты в качестве основания сооружений

при строительстве и эксплуатации использовать по принципу I согласно СП 25.13330.2012 – с сохранением естественного состояния ММП.

- Для уменьшения термического воздействия и предотвращения расширения ореола оттаивания вокруг газоконденсатных скважин необходимо применять теплоизоляцию.

Отдельно особую благодарность хотелось бы выразить научному руководителю – доценту кафедры «Инженерная геология и грунтоведение» Усову Вячеславу Александровичу за помощь в написании и чуткое руководство на протяжении всего периода создания выпускной работы.

Список литературы

1. Баулин В.В., Белопухова Е.Б., Дубиков Г.И., Шмелев Л.М.; Геокриологические условия Западно-Сибирской низменности; 1967, 214 с.; издательство «Наука», Москва.
2. Бискэ Ю.С.; Геология России; 2019, 228 с.; издательство Санкт-Петербургского университета, Санкт-Петербург.
3. Ершов Э.Д.; Геокриология СССР, Западная Сибирь; 1989, 454 с.; издательство «Недра», Москва.
4. Ершов Э.Д.; Инженерная геокриология, справочное пособие; 1991, 438 с., издательство «Недра», Москва.
5. Ершов Э.Д.; Общая геокриология; 2002, 682 с.; издательство Московского государственного университета, Москва.
6. Николаева Т.Н., Усов В.А.; Физико-механические свойства мерзлых пород: методические указания к лабораторным работам; 2014, 53 с., издательство национального минерально-сырьевого университета «Горный», Санкт-Петербург.
7. Николаева Т.Н., Усов В.А.; Инженерное мерзлотоведение: методические указания к лабораторным работам; 2014, 53 с., издательство национального минерально-сырьевого университета «Горный», Санкт-Петербург.
8. СП 12.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88 (с изменениями N 1,2,3); 2019; Стандартиформ, Москва
9. Климатические данные городов по всему миру: климат г. Новый Уренгой [Электронный ресурс] // <https://ru.climate-data.org/> (дата обращения 08.12.2019)
10. Электронный журнал «Вокруг газа»: Уренгойское нефтегазоконденсатное месторождение [Электронный ресурс] // <http://www.trubagaz.ru/> (дата обращения 03.02.2020)

Производственные отчеты, предоставленные компанией ООО «Газпром добыча Уренгой»:

11. Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки проектной документации. ПИР 57706-РПД-АС-ИГИ; 67 с., 2019, Тюмень.
12. Проект «Обустройство второго опытного участка Ачимовских отложений Уренгойского НГКМ на период опытно-промышленной эксплуатации; 2967 с., 2006; ООО «ТюмеНИИГипрогаз», Тюмень.

13. Дополнение к Единой технологической схеме разработки залежей углеводородного сырья ачимовских отложений Уренгойского месторождения (по лицензионному участку ООО «Газпром добыча Уренгой»); 528 с., 2015; ООО «ТюмеНИИГипрогаз», Тюмень.