

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра петрологии и прикладной геологии

**Инженерно-геологические условия площадки куста газовых скважин №7 на
территории Тас-Юряхского НГКМ**

АВТОРЕФЕРАТ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

студента 5 курса 552 группы

специальности 21.05.02 «Прикладная геология» специализация «Поиски и разведка
подземных вод и инженерно-геологические изыскания»

геологического факультета

Торопова Дмитрия Николаевича

Научный руководитель

Доцент, к. геол-мин. наук, доцент _____ С. И. Солдаткин

подпись дата

И. о. зав. кафедрой

к. геол-мин. наук, доцент _____ Н. Ю. Зозырев

подпись дата

Саратов 2026

ВВЕДЕНИЕ. *Актуальность работы.* Тас-Юряхское НГКМ находится в Мирнинском районе Республики Саха (Якутия), в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП). Проектирование, строительство и эксплуатация кустов газовых скважин в подобных природно-климатических условиях невозможны без всестороннего и детального изучения компонентов инженерно-геологической среды. Площадка куста газовых скважин № 7 является типичным объектом обустройства месторождения, где надёжность конструкций и безаварийность работы скважин напрямую зависят от качества и полноты выполненных инженерно-геологических изысканий. Изыскания в криолитозоне имеют выраженную специфику, связанную с необходимостью изучения не только состава и свойств грунтов, но и их температурного режима, а также прогноза теплового взаимодействия сооружений с мёрзлым основанием. Недоучёт геокриологических факторов зачастую приводит к развитию опасных процессов - термокарста, морозного пучения, термоэрозии, что ставит под угрозу устойчивость фундаментов и коммуникаций. Важнейшей задачей является и оценка химического состава подземных вод, их агрессивности к бетону и металлу.

Цель работы - оценка инженерно-геокриологических условий площадки куста газовых скважин № 7 и прогноз их изменений при строительстве и эксплуатации. Для её достижения поставлены и решены следующие *задачи*: определить категорию сложности инженерно-геологических условий и изучить геологическое строение площадки; проанализировать гидрогеологические условия, химический состав и агрессивность надмерзлотных вод; выявить и охарактеризовать опасные инженерно-геологические процессы; выполнить прогноз изменений геокриологических условий под влиянием техногенных воздействий; разработать рекомендации по инженерной защите сооружений.

Основное содержание работы. *Характеристика материалов исследования.* В основу работы положены результаты инженерно-

геологических изысканий, выполненных непосредственно на площадке куста газовых скважин № 7. В ходе полевых работ пройдено 9 инженерно-геологических скважин глубиной 20 м каждая. Бурение велось колонковым способом с использованием пневмоударников и системы циркуляции воздуха, что обеспечило высокую точность и информативность опробования. Из скважин отобрано 67 образцов грунта нарушенной структуры и 21 монолит ненарушенной структуры; по ним выполнены лабораторные определения физико-механических и теплофизических свойств грунтов. Проведены термометрические наблюдения в пяти скважинах, оборудованных пластиковыми трубами, с замерами температуры до глубины 20 м (замеры в октябре, на момент максимального оттаивания). Выполнены гидрогеологические наблюдения (замеры уровней) и отбор одной пробы подземной воды из скважины 269 с глубины 4,3 м; выполнен полный химический анализ воды с определением агрессивных компонентов. Проведена статистическая обработка показателей свойств грунтов и выделено 15 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Картографические материалы включают карту фактического материала, инженерно-геологические разрезы, колонки скважин, графики термометрии.

Структура дипломной работы. Работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованных источников и 5 приложений. Общий объём составляет 41 страницу машинописного текста, включает 9 рисунков и 3 таблицы. Приложения содержат карту фактического материала, инженерно-геологические разрезы, таблицу показателей физико-механических свойств грунтов, графики температур, колонки скважин и результаты химического анализа воды.

1. Физико-географические условия района работ и техногенные факторы. В административном отношении Тас-Юряхское месторождение расположено в Мирнинском районе Республики Саха (Якутия). Ближайшие города – Мирный (88 км севернее) и Ленск (139 км юго-западнее). В орографическом плане район принадлежит Лено-Вилуйской равнине

Средне-Сибирского плоскогорья, к междуречью Лены и Вилюя, в бассейне среднего течения р. Улахан-Ботубуйа. Рельеф слаборасчленённый, пологоувалистый, с широкими террасированными долинами. Гидрографическая сеть представлена притоками р. Улахан-Ботубуйа, характерен глубокий врез долин. Питание рек преимущественно снеговое и дождевое, доля грунтового питания не превышает 5–10 % из-за сплошной мерзлоты. Климат резко континентальный: средняя температура января от -30 до -36 °С, июля от $+15$ до $+19,8$ °С. Среднегодовая температура составляет от $-6,9$ до $-8,8$ °С. Продолжительность неблагоприятного периода (устойчивых морозов) – около 8 месяцев. Техногенное воздействие на геологическую среду связано главным образом с обустройством и эксплуатацией нефтегазовых объектов.

2. Геолого-геоморфологическое строение

2.1 Геологическое строение. В геологическом строении района выделяются породы юрского и четвертичного возраста, залегающие на размытой поверхности кембрийских отложений. Для площадки изысканий глубиной до 20 м значимы только четвертичные образования. Юрская система представлена укугутской свитой (J_{uk}) – конгломератами, галечниками, песками, алевроитами и глинами мощностью 8–70 м. Четвертичный покров включает средне-верхнеплейстоценовые элювиально-делювиальные отложения (пески от пылеватых до средней крупности, супеси, суглинки, местами глыбовые грунты) мощностью до 20 м, а также голоценовый растительный слой (0,1 м).

2.2 Тектоническое строение. Тас-Юряхская площадь приурочена к Мирнинскому выступу Непско-Ботубинской антеклизы Сибирской платформы. Структура осложнена дизъюнктивными нарушениями субмеридионального простирания, а также пластовыми интрузиями (силлами) и дайками. Сейсмичность территории по шкале MSK-64 составляет 5 баллов (карта ОСР-2015-В), что относится к категории умеренно опасных природных воздействий.

2.3 Геоморфология. В геоморфологическом отношении выделяются холмисто-увалистая структурно-эрозионная равнина (абсолютные отметки 300–460 м, относительные превышения до 60–70 м) и плоская структурно-денудационная равнина (отметки 360–400 м). Широко развиты эрозионно-аккумулятивные поверхности (пойменная и I надпойменная террасы). Для плоской равнины характерен перистый рисунок гидросети и термокарстовые западины.

3. Инженерно-геологические процессы района. Главными факторами развития современных экзогенных процессов являются особенности состава грунтов, климат и повсеместное распространение многолетнемерзлых пород. К опасным процессам, осложняющим строительство, отнесены подтопление, морозное пучение и термокарст. *Подтопление* обусловлено изменением условий поверхностного стока и питания подземных вод при строительстве. Территория характеризуется глубиной залегания подземных вод менее 3 м и относится к естественно подтопленным районам. В периоды снеготаяния и ливней возможен подъём уровня до дневной поверхности. *Морозное пучение* проявляется с ноября по март, охватывая большую часть территории. Грунты слоя сезонного оттаивания представлены супесями и суглинками, склонными к пучению. Потенциальная площадная поражённость превышает 75 %, что оценивается как весьма опасная категория. *Термокарст* развит на участках распространения льдистых и сильнольдистых мёрзлых грунтов. Активизация процесса связана с разрушением растительного покрова и увеличением глубины сезонного оттаивания при техногенных воздействиях.

4. Геокриологические условия. Район работ находится в зоне прерывистого распространения многолетнемерзлых грунтов. ММП вскрыты на глубинах от 1,7 до 11,2 м; их мощность изменяется от 0,8 до 18,3 м. Мерзлота имеет как сливающийся, так и несливающийся тип. Температура грунтов на глубине 10 м варьирует от –0,1 до –1,0 °С, что указывает на их термическую неустойчивость. Сезонное оттаивание начинается в июне и

завершается в сентябре, мощность сезонно-талого слоя (СТС) зависит от литологии, растительности и дренированности; нарушение естественных условий может увеличить его на 0,5–1,0 м. Сезонное промерзание протекает с октября, его глубина определяется предзимней влажностью и условиями снегонакопления. Процесс морозного пучения характерен для всего слоя сезонного промерзания.

5. Гидрогеологические условия. В гидрогеологическом отношении район принадлежит Нюйскому гидрогеологическому району Якутского артезианского бассейна. Вскрытые подземные воды четвертичных отложений являются пластово-поровыми. По соотношению с мерзлотой выделяются надмерзлотные и межмерзлотные воды. Надмерзлотные воды безнапорные, встречены на глубинах 0,1-9,0 м. Водовмещающими служат пески, супеси и суглинки, водоупором - кровля мерзлоты. Питание осуществляется за счёт атмосферных осадков и поверхностных вод. По химическому составу воды пресные (минерализация 0,1-0,2 г/л), гидрокарбонатные магниевые-кальциевые и натриево-кальциевые. Межмерзлотные воды вскрыты в виде маломощных линз (0,2-0,3 м) на глубинах 6,0-7,4 м. Подмерзлотные воды верхнекембрийских отложений не вскрываются изыскательскими скважинами, но по региональным данным характеризуются минерализацией 50–150 г/л.

6. Инженерно-геологические условия площадки куста газовых скважин № 7. Площадка куста № 7 расположена в 4,2 км к западу от УКПГ Тас-Юряхского НГКМ на склоновом горнотаежном ландшафте с преобладанием лиственницы. Абсолютные отметки поверхности изменяются от 352,73 до 361,86 м.

6.1 Виды выполненных работ. На территории участка в составе инженерно-геологических изысканий выполнены следующие виды работ:

- проходка и опробование инженерно-геологических выработок, их документирование;
- гидрогеологические наблюдения;

- термометрические наблюдения;
- лабораторные исследования грунта и воды.

6.2 Инженерно-геологические условия. В разрезе до 20 м выделено 15 инженерно-геологических элементов (ИГЭ), объединяющих талые, сезонно-талые и мёрзлые разности грунтов. Верхняя часть сложена талыми и сезонно-талыми суглинками полутвёрдыми и тугопластичными (ИГЭ 140100, 140200, 140300), супесью пластичной (ИГЭ 150100). Нижняя (мёрзлая) часть представлена преимущественно суглинками и супесями мёрзлыми слабольдистыми и непросадочными (ИГЭ 141000, 151000), а также мёрзлыми песками мелкими и средней крупности просадочными (ИГЭ 171100, 171200, 181100, 181200). Выделяются локальные просадочные разности (ИГЭ 141100, 151100) и глыбовый грунт (ИГЭ 231010). Статистический анализ показал, что наиболее выдержанными по простиранию являются суглинки 140200, супесь 151000, суглинки 141000 и песок 181100. Мёрзлые глинистые грунты по сравнению с талыми имеют повышенную влажность (0,322 против 0,244–0,254) и пониженную плотность. Показатель текучести в мёрзлых разностях варьирует от 0,033 до аномальных 1,433 (у просадочных). Грунты незасоленные, что исключает химическую агрессивность к бетонам. По пучинистости супеси и суглинки относятся к среднепучинистым, пески – к слабопучинистым.

6.3 Геокриологические условия. По данным термометрии, на глубине 10 м температуры повсеместно отрицательные (от –0,12 до –0,31 °С). В верхней части разреза зафиксированы положительные температуры до глубины 7–8 м (скв. 270, 272), что свидетельствует о наличии надмерзлотных вод и большой мощности сезонно-талого слоя. В скв. 269 на глубине 4,5 м температура равна 0,0 °С, что указывает на водоносный горизонт. Резкое снижение температуры до –0,8 °С на глубине 4,5 м в скв. 265 отнесено к локальной аномалии. Мерзлота характеризуется как высокотемпературная, крайне чувствительная к тепловым воздействиям. Нормативная глубина сезонного оттаивания для суглинков составляет 2,0–2,2 м, для песков – 2,4–

2,5 м. Категория сложности инженерно-геокриологических условий - II (средней сложности).

6.4 Гидрогеологические условия. Вскрытые в пределах площадки подземные воды, в соответствии с характером коллектора относятся к пластово-поровым водам четвертичных отложений.

На территории участка работ на момент бурения (октябрь) были встречены подземные воды надмерзлотного типа на глубине 4,3 м и 7,8 м. Из скважины 269 с глубины 4,3 м, отобрана проба воды для проведения химического анализа.

Представление результатов химического анализа воды по М.Г. Курлову указывают на гидрокарбонатный, натриево-кальциевый химический тип воды.

По классификации В. А. Сулина вода первого типа гидрокарбонатная, зона активного водообмена.

Подземные воды (скв. 269) слабоагрессивны к бетону марки W4 по углекислотной ($\text{CO}_2 = 23,76$ мг/л), выщелачивающей ($\text{HCO}_3^- = 0,72$ мг-экв/л) и общекислотной агрессивности ($\text{pH} = 6,34$).

Для бетона марок W6 и выше вода неагрессивна по всем показателям. Сульфатная и магниевая агрессивность не проявляются ($\text{SO}_4^{2-} = 1,6$ мг/л, $\text{Mg}^{2+} = 1,57$ мг/л при пороге 250 мг/л и 300 мг/л соответственно).

6.5 Инженерно-геологические процессы. На площадке активно проявляются морозное пучение (среднепучинистые суглинки и супеси), термокарст и просадки при оттаивании просадочных мерзлых грунтов. Установлено наличие локального уклона поверхности около 5° (перепад 2,9 м на 34 м), что достаточно для развития эрозионных процессов при нарушении растительности. Территория относится к сезонно подтапливаемым.

6.6 Прогноз изменений инженерно-геокриологических условий. При строительстве и эксплуатации куста скважин вследствие отсыпок, тепловыделения от оборудования и возможных утечек неизбежно частичное

или полное оттаивание высокотемпературной мерзлоты. Это повлечёт снижение несущей способности грунтов, развитие неравномерных осадков фундаментов, активизацию термокарста, усиление морозного пучения в переувлажнённых талых зонах. Произойдёт перераспределение подземных вод с возможным подъёмом уровня надмерзлотных вод, что увеличит подтопление и может усилить углекислотную агрессивность к бетону марки W4. На склоне около 5° возможно развитие термоэрозии и оврагообразования.

6.7 Рекомендации по инженерной защите. Для обеспечения устойчивости сооружений предложено строительство по I принципу (сохранение грунтов основания в мёрзлом состоянии) с отсыпкой насыпи в зимний период, обязательным уплотнением, организацией отвода поверхностных вод и укреплением откосов. Рекомендован комплексный геотехнический мониторинг температуры грунтов и уровня подземных вод.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выполненные исследования позволяют сделать следующие основные выводы. Инженерно-геокриологические условия площадки куста газовых скважин № 7 относятся ко II (средней) категории сложности.

В разрезе глубиной 20 м залегают элювиально-делювиальные отложения, перекрытые растительным слоем. Выделено 15 ИГЭ, значительная часть которых в мёрзлом состоянии обладает просадочными свойствами. Грунты слоя сезонного оттаивания являются среднепучинистыми, что несёт риски выпучивания фундаментов и коммуникаций.

Многолетнемерзлые грунты находятся в неустойчивом тепловом состоянии (температура около $-0,1...-0,3^\circ\text{C}$) и при техногенных воздействиях будут деградировать, вызывая просадки и активизацию термокарста.

Надмерзлотные воды пресные, гидрокарбонатные натриево-кальциевые; по отношению к бетону марки W4 они слабоагрессивны, для марок W6 и выше – неагрессивны. Площадка сезонно подтапляется.

Локальный уклон поверхности ($\sim 5^\circ$) способствует развитию эрозии. Прогнозируется ухудшение геокриологических условий: увеличение глубины оттаивания, рост пучинистости, подъём уровня грунтовых вод.

Рекомендовано строительство по I принципу с сохранением мерзлоты, отсыпкой насыпи в зимний период и организацией мониторинга за температурой и гидродинамическим режимом.