



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Оценка воздействия сооружений газотранспортной системы на
окружающую среду Западной Сибири»

Исполнитель Бармина Анастасия Дмитриевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат геолого-минералогических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Корвет Надежда Григорьевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

« » _____ 2024 г.

Санкт-Петербург

2024

АННОТАЦИЯ

В бакалаврской работе дана оценка воздействия сооружений газотранспортной системы на окружающую среду Западной Сибири. Актуальность выбранной темы обусловлена определением факторов и компонентов, которые оказывают непосредственное влияние на существующее экологическое равновесие природной обстановки исследуемого региона, обусловленное объектами газопровода.

Цель работы: дать оценку возможности развития негативных процессов на участке «Газопровод-отвод к Сургутской ГРЭС-1» при взаимодействии газотранспортной системы с окружающей средой Тюменской области.

В работе решается ряд задач: изучение физико-географические особенности территории Сургутского района; рассматриваются объекты газотранспортной системы, как источники экологической опасности для окружающей среды; проведена оценка и дан прогноз возможности развития негативных процессов, обусловленных взаимодействием объектов газотранспортной системы с окружающей средой Тюменской области на участке «Газопровод-отвод к Сургутской ГРЭС-1»; предложены мероприятия по снижению риска воздействия объектов газотранспортной системы на участке «Газопровод-отвод к Сургутской ГРЭС-1» на окружающую среду.

В основу работы положены материалы, опубликованные в литературных источниках, а также данные исследований, проводимых организацией «Нефтегазгеодезия» на территории газопровода-отвода к Сургутской ГРЭС-1 Сургутского района.

Структура и объем работы. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка используемой литературы. Текст работы содержит 9 таблиц и 4 рисунка. Объем бакалаврской работы – 54 страницы.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	2
ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМОГО РАЙОНА.....	4
1.1. Местоположение объекта.....	4
1.2. Геоморфология и рельеф.....	5
1.3. Гидрография.....	5
1.4. Климат.....	6
1.5. Почвы и растительность.....	7
1.6. Геологическое строение.....	8
1.7. Гидрогеологические условия.....	9
ГЛАВА 2. ГАЗОТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	12
2.1. Краткая характеристика сооружений газотранспортной системы.....	12
2.2. Развитие газотранспортной системы в тюменской области западной. .	14
ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ НЕГАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ, В ГРУНТАХ, НА УЧАСТКАХ ГАЗОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ.....	24
3.1. Особенности грунтов, расположенных в зоне взаимодействия с сооружениями газопровода на участке «ГАЗОПРОВОД-ОТВОД К СУРГУТСКОЙ ГРЭС-1».....	24
3.2. Негативные процессы в грунтах на исследуемом участке на участке «ГАЗОПРОВОД-ОТВОД К СУРГУТСКОЙ ГРЭС-1».....	27
3.2.1. Тиксотропные явления.....	29
3.2.2. Морозное пучение в грунтах.....	31
ГЛАВА 4. ВОЗДЕЙСТВИЕ ОБЪЕКТОВ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ НА УЧАСТКЕ «ГАЗОПРОВОД-ОТВОД К СУРГУТСКОЙ ГРЭС-1».....	35

4.1. Воздействие основных объектов газотранспортной системы на окружающую среду.....	35
4.2. Воздействие компрессорных станций на окружающую среду на участке «ГАЗОПРОВОД-ОТВОД К СУРГУТСКОЙ ГРЭС-1».....	40
4.3. Воздействие линейной части газопроводной системы на окружающую среду на участке «ГАЗОПРОВОД-ОТВОД К СУРГУТСКОЙ ГРЭС-1».....	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	49
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	51

ВВЕДЕНИЕ

На территории Российской Федерации, в связи с увеличением темпов газификации регионов, выполняется большой объем работ, направленных на строительство и проектирование объектов газотранспортной системы, в число которых входят магистральные продуктопроводы. Они предназначены для транспортировки природного газа и нефти из районов их добычи до мест потребления. Магистральные продуктопроводы относятся к числу линейных сооружений значительной протяженности и могут оказывать влияние на окружающую среду, как на этапе их строительства, так и на стадии их эксплуатации.

Актуальность темы - определения факторов и компонентов, которые оказывают непосредственное влияние на существующее экологическое равновесие природной обстановки исследуемого региона, обусловленное объектами газопровода.

Объектом исследования является участок «Газопровод-отвод к Сургутской ГРЭС-1» трассы магистрального газопровода «Уренгой – Сургут – Челябинск», расположенный в Тюменской области Западной Сибири.

Предметом исследования являются экологические проблемы, обусловленные возможностью развития негативных процессов на участке «Газопровод-отвод к Сургутской ГРЭС-1», осложняющих строительство объектов газотранспортной системы, а также и их функционирования, с целью выбора и проведения наиболее эффективных мероприятий для их минимального воздействия.

Цель работы: дать оценку возможности развития негативных процессов на участке «Газопровод-отвод к Сургутской ГРЭС-1» при взаимодействии объектов газотранспортной системы с окружающей средой Тюменской области Западной Сибири.

Задачи:

1. Изучить физико-географические особенности территории Сургутского района Тюменской области.

2. Дать краткую характеристику сооружений газотранспортной системы

3. Рассмотреть объекты газотранспортной системы, как источники экологической опасности для окружающей среды.

4. Определить условия формирования экзогенных процессов в окружающей среде Тюменской области Западной Сибири на участке «Газопровод-отвод к Сургутской ГРЭС-1» на трассе магистрального газопровода «Уренгой – Сургут – Челябинск».

5. Предложить мероприятия по снижению воздействия объектов газопровода «Уренгой – Сургут – Челябинск на окружающую среду

В основу работы положены материалы, опубликованные в литературных источниках, а также данные исследований, проводимых организацией «Нефтегазгеодезия» на территории газопровода-отвода к Сургутской ГРЭС-1 Сургутского района Тюменской области.

Структура и объем работы. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка используемой литературы. Текст работы содержит 9 таблиц и 4 рисунка. Объем бакалаврской работы – 54 страницы.

ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМОГО РАЙОНА.

1.1. МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ ОБЪЕКТА

В административном отношении участок объекта «Газопровод-отвод к Сургутской ГРЭС-1» расположен на территории Сургутского района Тюменской области Ханты-Мансийского автономного округа. Сургутская ГРЭС-1 расположена, примерно в 5 км к северу от г. Сургут.



Рисунок 1 — Месторасположение участка исследования [1].

1.2. ГЕОМОРФОЛОГИЯ И РЕЛЬЕФ

В геоморфологическом отношении район работ находится в Центральной части Западно-Сибирской низменности в долине среднего течения реки Обь.

Область долины р. Обь представляет собой совокупность современных и верхнеплейстоценовых озерных, озерно-аллювиальных и аллювиальных аккумулятивных равнин, что предопределило крайнюю степень уплощения и выравненности ее рельефа. Эрозионное расчленение ничтожно и приурочено исключительно к прибрежным участкам террас. На сотни километров простираются плоские заболоченные и заозеренные пространства с едва заметным уклоном поверхности в сторону реки (2-3 м на несколько десятков километров). Почти вся поверхность террасового комплекса захоронена под мощными торфяниками, сnivelировавшими неровности первичного микрорельефа, и только приречные участки террас, сложенные песками, осложнены эоловыми формами.

Рельеф на большей протяженности трассы достаточно ровный, местами полого-холмистый и слаборасчлененный, с понижениями к водотокам. Абсолютные отметки поверхности варьируют от 39,01 до 58,91 м, максимальные перепады высот наблюдаются в районах рек, как правило, на одном берегу наблюдается плавное понижение высот, на противоположном – резкое.

Сейсмичность района по карте Общего Сейсмического Районирования ОСР-97-С однопроцентной вероятности ≤ 5 баллов шкалы MSK-64.

1.3. ГИДРОГРАФИЯ

Гидрографическая сеть региона принадлежит бассейну Карского моря, к реке Обь и ее притоку реке Иртыш. Для рек территории характерны резкие (часто под 90°) изгибы, прямолинейность и параллельность отдельных отрезков долин. Долины рек, ассиметричны, один берег пологий с широкой поймой, на которой происходят процессы заболачивания, другой берег крутой. Для рек характерны сильно растянутое весеннее половодье и повышенные уровни и

расходы летом и осенью. На формирование поверхностного стока большое влияние оказывает заболоченность территории, достигающая 80%, что существенно снижает речной сток.

Развитию огромного количества озер (торфяных и реликтовых), являющихся характерной особенностью Западно-Сибирской низменности, способствует малая глубина эрозионного вреза большинства рек.

На рассматриваемом отрезке трасса пересекает реки Большая Моховая, Малая Моховая, Почекуйка, ручьи без названия, водотоки и озеро.

1.4. КЛИМАТ

Территория характеризуется континентальным климатом с большими перепадами температуры, резкой сменой ветров и большим количеством осадков.

Среднегодовая температура воздуха по данным многолетних наблюдений по метеостанции г. Сургут составляет $-3,4^{\circ}$. Самый холодный месяц январь, средняя температура которого $-22,0^{\circ}$, но абсолютный минимум температуры составляет $-55,0^{\circ}$. Самый тёплый месяц июль, средняя температура которого $+16,9^{\circ}$, а абсолютный максимум $+34,0^{\circ}$.

Нормативная глубина сезонного промерзания рассчитана в соответствии со СНиП 2.02.01-83(1995) по среднемесячным отрицательным температурам с октября по апрель по метеостанции г. Сургут, составляет: для суглинков – 222 см, для супесей и песков пылеватых и мелких – 270 см.

На изученной территории в течение 9 месяцев преобладают ветры южного и юго-западного направлений, только летом получают значительное развитие ветры северных румбов, которые в июле являются преобладающими. Среднемесячные скорости ветра изменяются в пределах 3,5-7 м/сек, а средняя максимальная скорость ветра составляет 13-14 м/сек.

Территория района работ относится к зоне тайги с избыточным увлажнением. Среднегодовое количество осадков составляет 462 мм, из них в среднем 349 мм (75,5 %) выпадает в теплый период года, 113 мм (24,5%) – в холодный период года. Наибольшее их количество выпадает в конце лета, наименьшее – в конце зимы. Продолжительная и холодная зима благоприятствует накоплению снега. На исследуемой территории в твердом виде выпадает 24,5 % годового количества осадков. Снежный покров является основным источником весенних запасов влаги в почве. Наибольшая высота снежного покрова за зиму достигает в среднем 60-70 см. Сходит снежный покров в середине весны.

Плоский слаборасчлененный рельеф, малый врез и замедленный сток рек, превышение осадков над испарением обусловили повышенную заболоченность территории (до 80%). Болота тянутся на сотни километров, местами образуя совершенно непроходимые участки.

1.5. ПОЧВЫ И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

«Район проведения изысканий относится к лесной зоне с хвойными и лиственными лесами, почвы подзолистые. Растительность на участке изысканий незначительная, в основном травянистая и кустарниковая, местами встречаются сосны, березы, ивы» [25].

«Согласно классификации болотных зон, в районе изысканий распространены выпуклые грядово-мочажинные болота» [15].

1.6. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Геологическое строение участка характеризуется принадлежностью территории к центральной части Западно–Сибирской плиты.

Западно–Сибирская плита эпипалеозойской Урало–Сибирской платформы имеет четкое двухъярусное строение: нижний ярус–фундамент плиты и верхний ярус–мезокайнозойский платформенный чехол.

Фундамент плиты состоит из двух структурных этажей. Первый структурный этаж сложен сильнодислоцированными и метаморфизованными геосинклинальными докембрийскими и палеозойскими образованиями, прорванными изверженными породами. Второй структурный этаж представлен осадочными и эффузивно–осадочными отложениями верхнего палеозоя и нижнего мезозоя, которые заполняют депрессии, грабены и прогибы в фундаменте плиты. В общем плане поверхность фундамента представляет собой огромную чашеобразную впадину.

Верхний ярус представлен осадочными, преимущественно терригенными отложениями юрской, меловой, палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем.

С поверхности рассматриваемая территория сложена четвертичными отложениями, залегающими на породах терригенной лигнитоносной формации олигоценного возраста. Для формации характерна пестрота минералогического и литологического состава материала, повышенное содержание рудных минералов в тяжелых фракциях пород, преобладание гидрослюдов с примесью каолинита и монтмориллонита в глинистой фракции, обогащение пород обуглившимися растительными остатками и содержание прослоев и линз лигнитов и бурых углей, слоистость озерного и речного типов. Среди пород формации значительную долю составляют тяжелые суглинки и легкие глины, но в то же время среди ее отложений достаточно широко развиты алевриты и пески.

На изучаемой территории глубина исследований составляла 5 м, на участках переходов через водотоки и существующие железные и автодороги – 8 м. В геологическом строении территории изысканий, в пределах глубины исследования, принимают участие четвертичные отложения. Генетически они

представлены современными биогенными отложениями (bIV), верхнеплейстоценовыми нерасчлененными озерно-аллювиальными и аллювиальными отложениями (Ia,aIII).

Отложения повсеместно перекрыты почвенно-растительным слоем местами заторфованным, его мощность достигает 0,1-0,3 м.

Техногенные отложения представлены двумя видами – перелопаченными грунтами обратной засыпки траншей пересекаемых трассой коммуникаций и трубопроводов и грунтами отсыпки автомобильных и железных дорог.

На локальных участках трассы торф перекрыт очесом и сплавниной.

1.7. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Рассматриваемый участок согласно гидрогеологическому районированию Западно–Сибирской артезианской области относится к Средне–Обскому бассейну. Характерной особенностью бассейна является его распространение в гумидной зоне, в полосе избыточного увлажнения.

В пределах бассейна подземные воды приурочены к мощной толще отложений четвертичного и олигоценного возраста. Мощность комплекса постепенно увеличивается с юга на север и с запада на восток достигая 400 м в средней части бассейна.

Гидрогеологические условия территории изысканий характеризуются повсеместным развитием подземных вод. Уровень грунтовых вод, зафиксированный в скважинах при изысканиях, встречен с поверхности до 2,5 метров, местами до 6,1 метров в зависимости от рельефа земной поверхности.

Водовмещающими породами являются:

1. Торфа современных болотных отложений;
2. Органо–минеральные грунты озерно-болотных отложений;

3. Пески пылеватые, мелкие верхнеоплейстоценовых и современных озерно-аллювиальных и аллювиальных отложений;

4. Линзы и прослойки песков в супесях суглинках и современных озерно-аллювиальных и аллювиальных отложений.

Режим фильтрации горизонта безнапорный на участках не глубокого залегания, напорный в погруженных частях (в районе скважин 307, 308). Характер циркуляции подземных вод поровый.

Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка подземных вод происходит в естественные водотоки и мелиоративные каналы. Ввиду равнинного рельефа и слабых фильтрационных свойств грунтов поверхностный и подземный стоки затруднены. В результате грунты имеют высокую влажность и степень водонасыщения близкую или равную единице.

По химическому составу воды ультрапресные с минерализацией от 0,07 до 0,18 г/л, в скважине 1229 пресные с минерализацией 0,84 г/л, гидрокарбонатные кальциево-натриевые, в скважинах 1229 и 3132 гидрокарбонатная натриевая, в скважине 1313 гидрокарбонатные натриево-кальциевые, слабокислые с рН от 5,05 до 6,31. Подземные воды очень мягкие с общей жесткостью от 0,3 до 0,8 мг-экв/дм³. На территории распространения болот и обводненных участках расчетный уровень совпадает с поверхностью земли [24].

Подземные воды четвертичного горизонта, встреченные на территории изысканий, согласно СНиП 2.03.11-85 слабоагрессивные по рН, НСО₃ и агрессивной СО₂ по отношению к бетону марки W4. Согласно ГОСТ 9.602-2005 по отношению к свинцовым оболочкам подземные воды обладают высокой коррозионной агрессивностью по содержанию гумуса и общей жесткости, к алюминиевым оболочкам – средней коррозионной агрессивностью по рН, хлор-иону и иону-железа.

Годовая амплитуда сезонных колебаний уровней подземных вод, характерная для зоны избыточного увлажнения, составляет 1,1-1,5 м, в среднем 1,3 м. Расчетный уровень грунтовых вод следует принять на 0,4 м выше наблюдаемого. На территории распространения болот и обводненных участках расчетный уровень совпадает с поверхностью земли.

ГЛАВА 2. ГАЗОТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

2.1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СООРУЖЕНИЙ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Газ, полученный из недр с помощью скважин, поступает в газотранспортную систему, представляющую совокупность взаимосвязанных газотранспортных объектов, каждый из которых выполняет определённые функции.

«Промысловый трубопровод — система технологических трубопроводов для транспортирования газа на газовых месторождениях. Они служат для соединения газовых скважин с технологическими установками подготовки газа к транспортировке и промысловыми газораспределительными станциями, через которые газ поступает в магистральные газопроводы, а также для сбора и утилизации газового конденсата.

Магистральный газопровод — трубопровод, предназначенный для транспортирования природного газа из районов добычи к пунктам потребления, покрывая большие дистанции. Прокладки таких газопроводов бывает подземная, на глубине 0,8-0,1 м до верхней образующей трубы; надземная — на опорах; наземная — в насыпных дамбах. Для трансфера газа с морских месторождений используют подводные магистральные трубопроводы» [5].

«Газотранспортная система, ГТС — это комплекс инфраструктурных элементов, предназначенных для транспортировки газа в региональных или местных масштабах. Она включает в себя устройства для самостоятельного контроля распределения газа и его поставок потребителям» [6].

Компрессорная станция (КС) оборудованы для повышения давления газа на его пути от добычи до конечного потребителя. Они являются важным

элементом в системе газоснабжения, поддерживая необходимый уровень давления в трубопроводах.

Газопровод магистральный, МГ – комплекс производственных объектов, обеспечивающих транспорт природного или попутного нефтяного газа, в состав которого входят одноконтурный газопровод, компрессорные станции, установки дополнительной подготовки газа (например, перед морским участком), участки с лупингами, переходы через водные преграды, запорная арматура, камеры приема и запуска очистных устройств, газораспределительные станции, газоизмерительные станции, станции охлаждения газа.

«На рисунке 2 представлена система транспорта и хранения нефти и газа, образующая Единую систему газоснабжения (ЕСГ) Российской Федерации. ЕСГ включает в себя следующие стратегически важные объекты:

1. головные компрессорные станции (ГКС), расположенные на газовых месторождениях;
2. линейная часть магистрального газопровода (ЛЧ);
3. подземные хранилища газа (ПХГ);
4. промежуточные компрессорные станции (КС), расположенные на расстоянии до 200 км;
5. газораспределительные станции (ГРС)» [21].

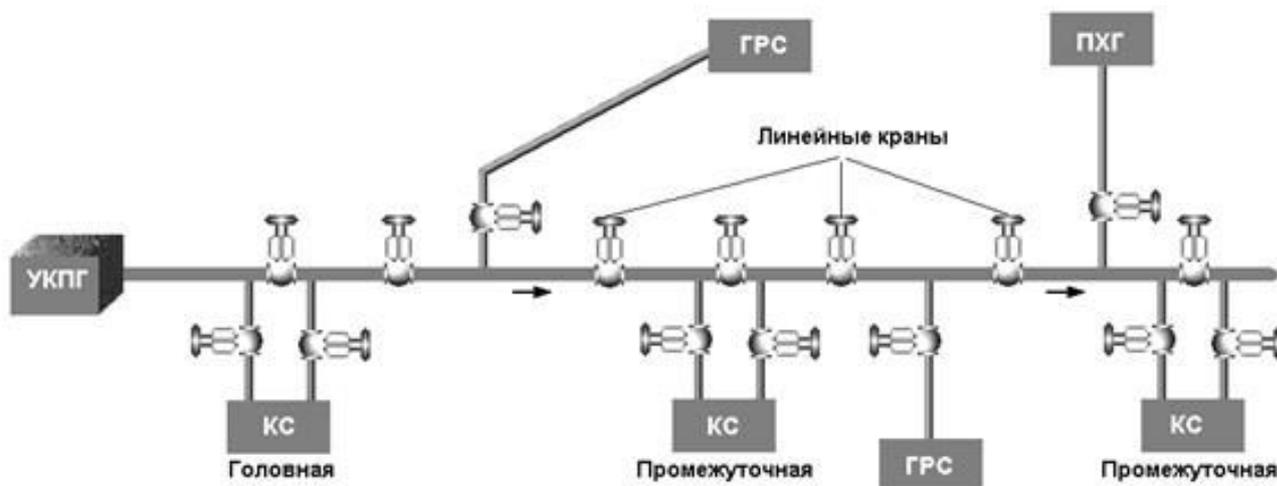


Рисунок 2 – Объекты газотранспортной системы.

Головные компрессорные станции предназначены для компримирования газа на начальном этапе его добычи. Подземные хранилища газа предназначены для создания сезонных запасов природного газа. Компрессорные станции помогают сохранять необходимое давление в трубопроводах на протяжении маршрута, а ГРС регулируют давление газа перед тем, как он будет передан конечным потребителям.

2.2. РАЗВИТИЕ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Во второй половине XX века, особенно в последней трети, произошел значительный сдвиг в структуре энергоресурсов - природный газ вступил на сцену, занимая третье место после нефти и угля в общем объеме потребления. Этот период характеризовался разнообразным использованием газа: он становился все более востребованным как перспективное топливо, увеличивалось его использование в бытовом секторе и промышленности. Газ активно завоевывал свои позиции в мире, становясь неотъемлемым элементом энергетической системы.

Самым крупным потребителем газа в этот период стала химическая промышленность, которая нашла в нем незаменимое сырье для своего производства. Постепенно газ стал играть ключевую роль в экономике многих стран, обеспечивая энергией и сырьем различные отрасли промышленности. Этот переход на новый вид углеводородного сырья открыл новые перспективы и возможности для развития энергетики и промышленности в целом.

С середины 1940-х годов наша страна активно начала развивать газовую промышленность, что привело к тому, что она стала лидером мировой добычи газа. В то время, когда основными источниками энергии в мире были уголь и

нефть, руководство нашей страны приняло решение о вовлечении нового перспективного вида топлива - природного газа - в народнохозяйственный оборот. Это было подтверждено специальными постановлениями правительства, которыми был намечен перевод предприятий, особенно предприятий машиностроительного профиля, на использование газа. Таким образом, страна начала стремительное развитие в газовой сфере и заняла ведущие позиции в мировой добыче этого ценного ресурса.

«Газ всегда был рассматриваем как многофункциональный ресурс: удобное и дешевое топливо, ценное сырье для химической промышленности, и безопасное бытовое топливо. Важно отметить, что использование газа позволяет существенно улучшить качество воздуха в городах и селах, что в свою очередь положительно сказывается на здоровье и санитарно-гигиенические условия трудящихся» [13].

С развитием технологий и научных исследований, газ стал применяться не только в промышленности, но и в быту, что способствует сокращению выбросов вредных веществ в атмосферу. Кроме того, газ, как чистое топливо, является более эффективным и экологически безопасным вариантом по сравнению с другими видами топлива.

С учетом растущей экологической осознанности общества, газ играет ключевую роль в переходе к более экологически чистым и устойчивым технологиям. Важно продолжать исследования и разработки, направленные на максимальное использование потенциала газа как энергетического и сырьевого ресурса для блага общества и окружающей среды.

«Курс на энергетический переход к новому виду топлива был заложен правительственными решениями конца 1950-х годов. Это привело к созданию самостоятельного направления для увеличения объемов разведочного бурения на газ. В рамках обширной программы было запланировано строительство и ввод в эксплуатацию цехов и заводов по производству обсадных и бурильных труб, а также увеличение масштабов строительства газопроводов и проведение

исследовательских работ. Развитие отечественного трубопроводного транспорта газа можно разделить на три этапа» [9].

«В прошлом веке, до 1940 года, газ поставлялся в основном по маленьким газопроводам длиной до 300 м, преимущественно на недалекие расстояния. Но всё изменилось во второй половине века до 1955 года, когда началось развитие транспортировки газа на большие расстояния до 1400 км через газопроводы широкого диаметра, а объем газовых исследований стал значительно увеличиваться. В 1940 году доля газа в общем объеме топлива страны составляла лишь 1,9 %, но к 1960 году этот показатель вырос до 7,8 %. В эти годы основными районами добычи газа были Украина, Северный Кавказ, и Урало-Поволжье» [18].

За последние десятилетия заметно увеличились запасы газа в различных регионах, включая территории Краснодарского и Ставропольского краев, а также Украину. С 1950 года по 1963 год было обнаружено целых 279 месторождений газа, что является значительным ростом по сравнению с 32 месторождениями, открытыми в период с 1946 по 1949 год. Начало активного поиска газовых месторождений также способствовало расширению открытий. До 1958 года основное внимание уделялось бурению нефтяных скважин, однако затем бурение газа стало приоритетным. Планирование разведочных работ на газ в первую очередь касалось территории РСФСР, затем Узбекистана и лишь потом Украины.

«В 1950-е гг. газовые месторождения в Тюменской области (1953 г. – Березовское месторождение) и Средней Азии начали открываться, что привело к постепенному расширению географии открытий. Газодобыча в СССР долгое время была подчинена нефтедобыче и не имела самостоятельного органа управления. Однако третий этап, начиная с 1956 года, сделал возможным создание крупных систем магистральных газопроводов и развитие Единой системы газопроводов России с большим объемом подземных хранилищ газа. В

результате роль природного газа в топливно-энергетическом балансе страны неуклонно возрастала» [4].

«Важным этапом в формировании Единой системы газоснабжения страны стало строительство двухниточного газопровода с диаметром 1420 мм. Благодаря этому проекту газ из Уренгоя и Вынгапура стал поступать на энергоемкие предприятия Урала и европейской части страны. Главное управление по газовой промышленности при Совете Министров СССР - Главгаз СССР было создано только в 1956 году. В 1963 году оно было реорганизовано в Производственный комитет по газовой промышленности СССР, который в 1965 году превратился в Министерство газовой промышленности СССР – Мингазпром» [17].

С начала развития газовой индустрии в СССР темпы роста стали ускоряться, особенно в Тюменской области, где газовая отрасль заняла важное место в экономике страны. В эксплуатации газовых месторождений Западной Сибири можно выделить несколько периодов, начиная с 1966 года. Первый период, с 1966 по 1971 год, характеризовался разработкой Березово-Игримской группы месторождений, невысокими объемами добычи и несоответствием запланированных показателей, а также строительством первых газотранспортных систем и обсуждением возможности добычи газа на северных месторождениях.

«Весной 1972 года начался новый этап развития газовой промышленности в Тюменской области, когда в эксплуатацию было введено газовое месторождение Медвежье. Это стало отправной точкой для быстрого увеличения добычи природного газа в регионе. В декабре 1976 года было создано производственное объединение «Сургуттрансгаз», которое занималось строительством магистральных трубопроводов. Перед этим газовые трассы в Тюменской области прокладывались в основном по северным районам» [20].

«Для ускоренной индустриализации газовых месторождений в районе от Уренгоя до Среднего Приобья было предложено рассмотреть альтернативный

маршрут через города Сургут, Тобольск и Челябинск, из-за необходимости построить газопровод для обеспечения нефтехимического комплекса и города голубым топливом. Этот вариант также позволил бы компенсировать снижение поступлений газа в Средний Урал из системы Бухара-Урал» [10].

Как показано в таблице 1, в период с 1978 по 1992 год Тюменская область стала центром резкого увеличения добычи природного газа в рамках газовой промышленности Советского Союза. Важное событие этого периода - ввод в эксплуатацию Уренгойского супергиганта в 1978 году. Это месторождение стало ключевым источником газа, который сыграл значительную роль как в регионе, так и на уровне всей страны. Параллельно с увеличением добычи газа началось масштабное строительство газопроводов, каждый из которых приобретал стратегическое экономическое значение.

Таблица 1 — Динамика добычи газа в СССР и Тюменской области в 1960 – 1980-е гг.

Наименование	1966 г.	1969 г.	1977 г.	1980 г.	1986 г.	1989 г.
Добыча газа в СССР, млрд.куб.м	143,1	181,9	346,0	435,0	686,0	815,0
Добыча газа в Тюменской области, млрд.куб.м	0,56	9,20	62,7	144,1	418,3	541,8
Удельный вес западно-сибирского газа в союзной добыче, %	0,39	5,05	19,6	35,8	60,9	66,4

«На самом высшем уровне государства осуществляется контроль над ходом работ на каждом из объектов газотранспорта от Уренгойского

месторождения. Страна активно вступает в гонку за мировое лидерство в газодобыче. С начала 1984 года СССР смог занять первое место в мире по объемам добычи газа, и этот лидерский статус сохраняется и по сегодняшний день. Сургутский завод стабилизации газового конденсата был запущен в эксплуатацию в октябре 1985 года и стал самым крупным производственным предприятием в отрасли. Важно отметить, что природный газ был своевременно поставлен индустриальному Уралу» [29].

«В 1986 году было открыто Ямбургское месторождение с целью увеличения добычи природного газа. В это же время было построено 30 газораспределительных станций вдоль газопровода Уренгой-Челябинск для обеспечения газом населенных пунктов и промышленных объектов. Сургутская ГРЭС, самая крупная электростанция в мире, стала основным источником энергии для Западно-Сибирского региона. С 1992 года объемы добычи газа в Западной Сибири и в стране в целом начали снижаться, что привело к завершению третьего периода» [8].

Из таблицы 2 видно, что с начала 1990-х годов добыча газа в Тюменской области стремительно возрастала. Это стало причиной появления проблем с управлением отраслью и капиталовложениями. Большие строительные проекты были свернуты, а газопроводное строительство сократилось. Программа выхода по полуострову Ямал была отложена на неопределенный срок. В конце 1980-х годов доля Тюменской области в общей добыче газа в стране составляла 66%.

С 2002 года начался новый этап в истории газовой отрасли Западной Сибири, который характеризовался постепенным увеличением добычи природного газа. Этот период отличался изменениями в структуре управления, перемещением головных офисов в Москву и утратой влияния предприятием "Тюменгазпром", оно переживало трудные времена, теряло свою прежнюю мощь и меняло свое функциональное предназначение.

«Газпром» готовит условия для выхода на крупные газовые месторождения полуострова Ямал, ориентируясь на дальнейший рост добычи,

который получил закрепление и сохранился на протяжении всего десятилетия. Более 90% добычи природного газа современной России приходится на Западную Сибирь.

Таблица 2 — Динамика добычи природного газа в Западной Сибири в 1990 – 2000-е гг. (млрд.куб.м)

Регион добычи	1990 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2005 г.
Тюменская область	574,1	530,3	526,3	539,9	585,3
В т. ч. ХМАО	28,9	20,1	20,4	20,8	27,5
В т. ч. ЯНАО	545,1	510,2	505,9	519,0	557,7

Начало XXI века ознаменовалось значительными сдвигами в развитии газовой инфраструктуры Тюменской области, ключевого региона для российского энергетического сектора. Объектом нашего анализа является период с 2000 по 2010 год, когда интенсивное увеличение объемов добычи природного газа спровоцировало необходимость модернизации и расширения транспортных мощностей.

В этот период преобладали масштабные проекты, связанные с прокладкой новых и реконструкцией старых магистральных газопроводов. Среди них – строительство “Заполярье-Пурпей”, “Ямал-Европа” и расширение возможностей “Уренгоя-Помары-Ужгород”. Эти проекты были направлены на улучшение транспортировки голубого топлива как на внутренний рынок России, так и на экспорт в страны Евросоюза.

Важной частью развития ГТС Тюменской области стала цифровизация процессов управления. Внедрение систем автоматизации и диспетчеризации позволило повысить эффективность и безопасность эксплуатации магистральных газопроводов.

Необходимо отметить, что развитие ГТС шло параллельно с экологическими проектами. Особое внимание уделялось минимизации

воздействия на окружающую среду в районах прокладки новых трасс, соответствующим международным стандартам экологической безопасности.

Ключевой вызов этого времени связан был с техническим переоснащением старых линий, что требовало не только значительных инвестиций, но и высококвалифицированных кадров.

Финансирование данных проектов осуществлялось как за счет федерального бюджета России, так и за счет привлечения внешних инвестиций, что подчеркивает значимость Тюменской области для стратегических задач страны.

Заключая обзор, можно отметить, что период с 2000 по 2010 года стал своеобразным золотым веком для энергетической отрасли Тюменской области; он заложил фундамент для последующего развития всей российской системы транспортировки природного газа.

С начала нового тысячелетия Тюменская область, расположенная в сердце Западно–Сибирского нефтегазоносного бассейна, стала свидетелем значительных инвестиций в развитие своей газотранспортной системы. В период с 2000 по 2010 год были реализованы крупные проекты по модернизации и расширению газопроводов, а также строительству новых объектов.

Одним из ключевых моментов стало строительство и запуск Сибирского регионального центра управления газораспределением – фактора, значительно повышающего эффективность и безопасность транспортировки голубого топлива. Учитывая стратегическое значение Тюменской области как основного поставщика природного газа для внутреннего российского рынка, а также экспорта в Европу и Азию, модернизация существующих и создание новых магистральных газопроводов имела первостепенное значение.

Важнейшую роль сыграл запуск новых участков магистральных газопроводов, например, Ямал-Европа и Заполярье-Центр. Эти меры не только повысили пропускную способность системы на десятки миллиардов

кубических метров, но и способствовали дальнейшему экономическому развитию региона. Как видно из таблицы 3, объемы добычи газа в Тюменской области возросли.

Таблица 3 — Динамика добычи природного газа в Западной Сибири в 2000 – 2020-е гг. (млрд.куб.м.)

Регион добычи	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
Тюменская область	635,3	643,7	651,5	660,3	668,9	673,5	681,6
В т. ч. ХМАО	610	617,2	625,4	632,9	640	642	647,3
В т. ч. ЯНАО	25,3	26,5	26,1	27,4	28,9	31,5	34,3

Данный период также характеризуется активным привлечением передовых технологий для диагностики и контроля состояния труб, что стало залогом надёжности эксплуатации газотранспортной системы. Инновационные подходы, включая использование беспилотных летательных аппаратов для контроля протяжённых участков газопроводов, были впервые апробированы именно в этот период.

С развитием технологий и увеличением объемов добычи необходимость в модернизации стала очевидна. В период с 2011 по 2024 год были проведены реконструкции старых и строительство новых компрессорных станций, что позволило увеличить мощность системы без прокладки дополнительных линий.

Развитие цифровых технологий также не оставило без внимания газотранспортную отрасль. Внедрение средств автоматического контроля и управления, систем дистанционного мониторинга состояния оборудования и трасс газопроводов повысило эффективность эксплуатации инфраструктуры и безопасность эксплуатации.

Экологическая ответственность играет значительную роль в современной деятельности компаний-операторов газотранспортных систем. В этой связи особое внимание уделяется минимизации воздействия на окружающую среду, что подразумевает использование высокотехнологичного оборудования для очистки и снижения выбросов.

К 2024 году Тюменская область предстала центром передовых разработок и инноваций в области газотранспорта, способна не только обеспечить потребности России в энергетических ресурсах, но и поддержать экспортный потенциал страны благодаря созданию надежного и эффективно функционирующего трубопровода.

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ НЕГАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ, В ГРУНТАХ, НА УЧАСТКАХ ГАЗОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ.

3.1. ОСОБЕННОСТИ ГРУНТОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ЗОНЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С СООРУЖЕНИЯМИ ГАЗОПРОВОДА НА УЧАСТКЕ «ГАЗОПРОВОД-ОТВОД К СУРГУТСКОЙ ГРЭС-1»

На исследуемой территории, в пределах которой расположен объект «Газопровод-отвод к Сургутской ГРЭС-1», проводились инженерно-геологические изыскания. Глубина исследований составляла 5 м.

Результаты изысканий показали, что в геологическом строении территории в пределах глубины исследования принимают участие четвертичные отложения. Генетически они представлены современными биогенными отложениями (bIV), верхненеоплейстоценовыми нерасчлененными озерно-аллювиальными и аллювиальными отложениями (Ia, aIII).

На основании полевого описания и лабораторных исследований выделены инженерно-геологические элементы (ИГЭ). В таблице 4 приведена краткая характеристика выделенных в разрезе инженерно-геологических элементов.

Таблица 4 — Краткая характеристика выделенных в разрезе инженерно-геологических элементов

Инженерно-геологические элементы (ИГЭ)	Характеристика инженерно-геологических элементов
СОВРЕМЕННЫЕ БОЛОТНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ (bIV):	
ИГЭ-1б	Торф среднеразложившийся высокозольный насыщенный водой
ИГЭ-1в	Торф сильноразложившийся нормальнозольный насыщенный водой

Продолжение таблицы 4

СОВРЕМЕННЫЕ ОЗЕРНО-БОЛОТНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ (LBIV):	
ИГЭ-1г	Суглинок легкий пылеватый текучий с примесью органических веществ
ИГЭ-1д	Суглинок тяжелый песчанистый текучий слабозаторфованный
ИГЭ-1е	Супесь песчанистая текучая слабозаторфованная
ИГЭ-1ж	Песок пылеватый рыхлый с примесью органических веществ
ВЕРХНЕОПЛЕЙСТОЦЕНОВЫЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ОЗЕРНО-АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ И АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ (LA, AIII-IV):	
ИГЭ-2а	Супесь песчанистая пластичная с прослоями песка мелкого насыщенного водой и с тонкими прослоями суглинка твердого, местами с включениями гравия (2-10 мм) и гальки (10-40 мм) до 5-10 %
ИГЭ-2б	ИГЭ-2б – Супесь песчанистая пластичная с прослоями песка мелкого насыщенного водой и с тонкими прослоями суглинка твердого, местами с включениями гравия (2-10 мм) и гальки (10-40 мм) до 5-10 %
ИГЭ-2в	Супесь пылеватая текучая с прослоями песка пылеватого средней степени водонасыщения и насыщенного водой с содержанием органических веществ
ИГЭ-2г	Супесь пылеватая текучая с прослоями песка пылеватого средней степени водонасыщения и насыщенного водой с единичными включениями гравия (2-10 мм) и гальки (10-40 мм)
ИГЭ-3б	Суглинок легкий песчанистый полутвердый с прослоями песка пылеватого насыщенного водой с прослоями супеси пластичной с включениями гравия (2-10 мм) и гальки (10-40 мм) до 10 %
ИГЭ-3в	Суглинок легкий песчанистый тугопластичный с прослоями песка мелкого средней степени водонасыщения и насыщенного водой, с включениями гравия (2-10 мм) и гальки (10-40 мм) до 10 %
ИГЭ-3г	Суглинок легкий пылеватый мягкопластичный с прослоями супеси пластичной и песка мелкого насыщенного водой
ИГЭ-3д	Суглинок легкий песчанистый текучепластичный с прослоями песка мелкого средней степени водонасыщения и насыщенного водой, с единичными включениями гравия (2-10 мм) и гальки (10-40 мм)

Продолжение таблицы 4

ИГЭ-3е	Суглинок легкий пылеватый текучий с включениями гравия (2-10 мм) и гальки (10-40 мм) до 10-15 %
ИГЭ-4а	Песок пылеватый плотный от средней степени водонасыщения до насыщенного водой с прослоями супеси пластичной с включениями гравия (2-10 мм) и гальки (10-40 мм) до 10-15 %
ИГЭ-4б	Песок мелкий плотный от малой степени водонасыщения до насыщенного водой с прослоями супеси серой пластичной, с включениями гравия (2-10 мм) и гальки (10-40 мм) до 5 %
ИГЭ-4в	Песок мелкий средней плотности насыщенный водой с прослоями супеси серой текучей

«Перечисленные грунты, расположенные в зоне взаимодействия с сооружениями газопровода, характеризуются определёнными показателями физико-механических свойств, изучение которых проводилось в ООО «Нефтегазгеодезия»» [24].

Анализ и оценка характеристик грунтов показали, что они, проявляя определённые свойства, потенциально предрасположены к возникновению негативных процессов при воздействии на них сооружений газопровода. Негативные процессы в значительной степени определяют выбор проектных решений для строительства сооружений газопровода, и будут оказывать влияние на их эксплуатации. Возможность проявления процессов обусловлено наличием специфических грунтов, которые предполагается использовать как основания для сооружений и также близким залеганием к поверхности горизонта грунтовых вод. Последствия этих процессов могут оказывать значительное влияние на окружающую среду.

3.2. НЕГАТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГРУНТАХ НА ИССЛЕДУЕМОМ УЧАСТКЕ НА УЧАСТКЕ «ГАЗОПРОВОД-ОТВОД К СУРГУТСКОЙ ГРЭС-1»

Рассмотрим, какие негативные процессы могут проявляться в грунтах при взаимодействии с сооружениями газопроводной системы на исследуемом участке. Как показано на рисунке 2, магистральный газопровод состоит из стратегически важных объектов. Каждый из них, при взаимодействии с грунтами, по-разному будет оказывать влияние на окружающую среду, проявляющееся в возникновении негативных процессов. На рассматриваемом участке газопровода расположены компрессорные станции и линейная часть газопровода.

Инженерные изыскания показали, что значительную часть геологического разреза на участке расположения газопровода занимают глинистые грунты (суглинки и супеси), которые в зависимости от показателей их физического состояния могут проявлять, так называемые, тиксотропные свойства.

«Тиксотропные свойства грунтов относятся к явлениям, при которых текучесть и вязкость материала изменяются под воздействием механических воздействий. В случае грунтов это значит, что она может временно переходить из твердого или полутвердого состояния в более текучее при приложении силы, а после прекращения воздействия возвращаться к исходной консистенции» [16].

Также могут проявляться процессы морозного пучения. Морозное пучение – это процесс, при котором грунт расширяется и поднимается вверх из-за образования льда в его порах.

В связи с этим, в работе рассматриваются возможность проявления таких негативных процессов, как тиксотропные явления и морозное пучение в грунтах, представляющих опасность, как для самих объектов газопроводной системы, так и окружающей среды исследуемой территории.

3.2.1. ТИКСОТРОПНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Изучение и понимание тиксотропии в глинистых грунтах необходимо для обеспечения безопасности сооружений и окружающей среды. Это позволяет своевременно выявлять потенциальные угрозы и предпринимать необходимые меры для их предотвращения, обеспечивая устойчивость и долговечность инфраструктурных объектов.

Глубокое понимание тиксотропного явления в грунтах позволяет увидеть, что они обладают уникальной способностью изменять свою структуру и свойства под воздействием динамических процессов. Это явление проявляется в различных условиях и может иметь серьезные последствия для строительных объектов.

Для того чтобы произошли тиксотропные изменения в грунтах, требуется сочетание внутренних и внешних факторов, таких как:

- Гранулометрический и минеральный состав грунтов;
- Влажность и форма частиц;
- Концентрация порового раствора электролита;
- рН среды и температура;
- Структурные связи и динамическое воздействие.

Интенсивная вибрация может привести к размягчению или даже разжижению грунтов, что в свою очередь может привести к снижению их прочности и даже к разрушению. Понимание этих процессов является важным для инженеров и строителей при проектировании и строительстве на различных типах грунтов.

Тиксотропия – это явление, которое проявляется в глинистых грунтах с содержанием от 1,5 до 2% глинистой фракции. Эти грунты способны переходить в промежуточное состояние между жидкостью и твёрдым телом из-за сложных структурных связей. Для проявления тиксотропии необходимы определённые условия, и в случае её проявления сооружения могут стать

аварийными, угрожая окружающей среде. Этот процесс требует применения специальных мероприятий для предотвращения ущерба.

При наличии тиксотропии в глинистых грунтах происходит изменение их консистенции под воздействием внешних сил. Структурные изменения в таких грунтах могут привести к опасным последствиям для строительных объектов. Поэтому важно учитывать этот фактор при разработке проектов строительства и применять специальные методы контроля и укрепления таких грунтов.

Для оценки возможности развития тиксотропии в грунтах, применяются разнообразные методы количественной оценки тиксотропных превращений, такие как:

1. Реологические методы:

Тест на сдвиг с вращающимся цилиндром: измеряют вязкость почвы при различных скоростях сдвига. Тиксотропная почва показывает снижение вязкости со временем при постоянной скорости сдвига.

Тест на устойчивый сдвиг: почва подвергается постоянному сдвигу в течение длительного периода времени, после чего измеряется напряжение сдвига. Тиксотропная почва показывает постепенное снижение напряжения сдвига со временем.

2. Физические методы:

Оценка структурной устойчивости: используют методы, такие как тест на стабильность агрегатов, чтобы оценить способность почвы противостоять разрушению структуры при водном насыщении. Тиксотропный грунт показывает более низкую структурную устойчивость после тиксотропного разрушения.

Измерение плотности грунта: определяют изменение плотности грунта после тиксотропных превращений. Тиксотропный грунт обычно показывает увеличение плотности после тиксотропного разрушения.

3. Минералогические методы:

Рентгеновская дифракция (XRD): анализ минерального состава грунта позволяет выявить изменения в содержании гумусовых веществ и глинистых минералов, которые могут влиять на тиксотропные свойства.

Электронная микроскопия (SEM): предоставляет визуальные данные, иллюстрирующие изменения в микроструктуре почвы после тиксотропных превращений.

4. Химические методы:

Определение содержания органического вещества: гумусовые вещества играют важную роль в тиксотропных свойствах грунтов. Измерение содержания органического вещества позволяет оценить влияние этих веществ на тиксотропию.

Измерение содержания глинистых минералов: глинистые минералы, такие как монтмориллонит, могут вызывать тиксотропные свойства грунта. Определение содержания глинистых минералов необходимо для оценки их вклада в тиксотропию.

5. Математическое моделирование:

Уравнения конститутивной связи: используют математические модели, такие как модель Бингема, модель Тиксотропного тела Гершеля-Балкли для количественного описания тиксотропного поведения почв.

Выбор конкретного метода количественной оценки зависит от целей исследования, доступного оборудования и типа исследуемого грунта.

3.2.2. МОРОЗНОЕ ПУЧЕНИЕ В ГРУНТАХ

Морозное пучение – это процесс увеличения объёма дисперсных грунтов при промерзании. Это явление, выявленное в ходе изысканий на участке, несет значительную угрозу для газопроводной системы.

Морозное пучение грунтов может негативно сказаться на целостности трубопроводов. Даже если процесс затрагивает небольшой участок, это может спровоцировать аварийные ситуации, что, в свою очередь, может привести к экологическим катастрофам на значительной территории.

«Величина пучения зависит от многих факторов, которые характеризуют состояние грунта: гранулометрический состав, природная влажность, глубина промерзания и уровень стояния грунтовых вод. По степени морозного пучения они делятся на: сильнопучинистые, среднепучинистые, слабопучинистые и условнонепучинистые» [28].

Влияние морозного пучения на газопроводные системы можно рассмотреть через следующие аспекты:

1. Потенциальные угрозы: промёрзшие и деформированные грунты могут повредить линейные объекты трубопровода, что может привести к утечкам газа и, следовательно, к пожарам и взрывам.

2. Экономические последствия: ремонт и замена поврежденных участков трубопровода могут потребовать значительных финансовых вложений.

3. Экологические риски: в случае аварии возможны значительные утечки газа, что приведет к загрязнению окружающей среды.

Учитывая значительную протяжённость линейной части газопроводной системы, потенциальные риски увеличиваются. Необходимо принимать специальные меры для предотвращения и минимизации последствий морозного пучения.

Важно отметить, что процесс морозного пучения зависит от типа грунта и его способности удерживать влагу. Наиболее подвержены этому явлению пылеватые грунты. Эти грунты хорошо проводят и удерживают влагу. При промерзании в таких грунтах происходит миграция влаги, что приводит к

образованию сегрегационных подземных льдов. В результате этого процесса минеральные агрегаты относительно иссушаются.

Однако, не все грунты одинаково подвержены морозному пучению. Песчаные и более грубые дисперсные грунты, в которых отсутствует мелкозём, мало склонны к пучению. Эти грунты содержат преимущественно свободную влагу. Даже при полном водонасыщении их объём при промерзании увеличивается не более чем на 9%.

Морозное пучение грунтов является феноменом, который возникает в природных условиях и влияет на структуру и стабильность почвы. Этот процесс подразделяется на два основных типа: сезонный и многолетний. Важно отметить, что сезонное морозное пучение связано с ежегодным промерзанием и оттаиванием приповерхностных слоев грунта, тогда как многолетнее пучение связано с новообразованием толщ мёрзлых пород.

«При сезонном морозном пучении происходит ежегодное промерзание и оттаивание приповерхностных слоев грунта, гидротермическая деформация поверхности почвы. Проявляется в поднятие грунта зимой и опускание летом с амплитудой в несколько сантиметров, образованием деформаций вспучивания поверхности грунта диаметром около 1 м и высотой в первые десятки сантиметров (т.н. пучины) и появлении мелких бугров пучения с ледяным или льдистым ядром диаметром до 10 м и высотой 1-2 м. Последствия сезонного морозного пучения: летнее оттаивание грунтов сопровождается разрушением форм микрорельефа, выделение воды и разжиженный переувлажнённый грунт» [3].

Аварии на трубопроводах представляют собой серьезную проблему, особенно в периоды межсезонья. Именно в осенне-зимнее и зимне-весеннее время такие инциденты случаются чаще всего. Одной из основных причин является подвижка грунта. Этот процесс практически незаметен на глаз, однако

трубопроводы ощущают его воздействие очень сильно. Особенно уязвимыми в таких условиях оказываются чугунные трубопроводы и асбоцементные трубы. Чугунные трубы рвутся значительно чаще, чем стальные. Это объясняется тем, что сталь обладает большей гибкостью и лучше приспособлена к подвижкам грунта. В отличие от чугуна, сталь способна выдерживать деформации без серьезных повреждений, что делает её более надежным материалом для трубопроводов в условиях изменяющегося грунта.

«Это приводит к снижению срока эксплуатации, а в критических случаях — к невозможности эксплуатации. Поэтому при подготовке площадок под объекты строительства или под линейную часть трубопровода на мерзлых и периодически оттаивающих грунтах крайне важно определить их соответствующие характеристики» [27].

Многолетнее морозное пучение связано с новообразованием толщ мёрзлых пород. Такое пучение менее исследованный процесс по сравнению с сезонным пучением. Проявляется в формировании более стабильных структур в грунте и заметных изменениях в ландшафте за долгие периоды времени. Последствия могут представлять собой влияние на долгосрочные инженерные проекты и строительство, изменение экосистем и микроклимата в регионах с многолетним пучением. В процессе многолетнего морозного пучения формируются бугры пучения — положительные формы мезорельефа.

«Морозное пучение оснований сооружений приводит к неравномерным деформациям конструкций, нарушает проектные режимы их работы. Поэтому места современного проявления многолетнего морозного пучения обычно обходят при выборе площадок и трасс» [12].

ГЛАВА 4. ВОЗДЕЙСТВИЕ ОБЪЕКТОВ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ НА УЧАСТКЕ «ГАЗОПРОВОД-ОТВОД К СУРГУТСКОЙ ГРЭС-1»

4.1. ВОЗДЕЙСТВИЕ ОСНОВНЫХ ОБЪЕКТОВ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

«С точки зрения экологии, газ считается наиболее экологически безопасным среди ископаемых видов топлива. Его использование приводит к выделению меньшего количества загрязняющих веществ по сравнению с другими топливными ресурсами» [33].

«Сжигание огромного количества различных видов топлива человечеством за последние полвека привело к заметному увеличению содержания углекислого газа в атмосфере. Сжигание природного газа, как и метан, является причиной наблюдающегося в настоящее время парникового эффекта. Но, несмотря на это, большинство ученых считают, что природный газ считается наиболее экологически безопасным среди ископаемых видов топлива, так как его использование приводит к выделению меньшего количества загрязняющих веществ по сравнению с другими топливными ресурсами» [26].

«Вредное воздействие на окружающую среду происходит в зонах газовых и нефтяных месторождений, на протяжении магистральных трубопроводов и в близлежащих населенных пунктах. Растительность, почва, микрорельеф, верхние горизонты горных пород и подстилающие почву компоненты природных комплексов подвергаются непосредственному воздействию. Метан, как парниковый газ, вносит вклад в глобальное потепление при утечках из газотранспортных систем. На протяжении 20 лет один килограмм метана эквивалентен 35 кг углекислого газа в отношении потенциала глобального потепления» [2].

«Гидрогеологический режим, снежный покров и тепломассообмен в приземном слое атмосферы подвергаются воздействию компонентов природной среды, что, в свою очередь, влияет на растительность, почву и микрорельеф. Также добыча нефти и газа вызывает изменение глубоко залегающих горизонтов геологической среды, что может привести к необратимым деформациям земной поверхности. Перемещения земной поверхности, вызванные откачкой воды, нефти или газа из недр, могут быть даже больше, чем при тектонических движениях земной коры» [14].

Разрушение водопроводов, кабелей, железных и шоссейных дорог, линий электропередач, мостов и других сооружений является частым результатом неравномерного протекания оседания земной поверхности. Оседания могут вызывать оползневые явления и затопление пониженных участков территорий. В некоторых случаях, когда в недрах имеются пустоты, возможны внезапные глубокие оседания, которые по своей природе и эффекту, вызываемому ими, трудно отличить от землетрясений. При соблюдении жесткой экологической дисциплины при проектировании, строительстве и эксплуатации газопроводов, трубопроводный транспорт может быть самым экологически чистым видом транспорта углеводородов.

«Искусственно созданные трубопроводные сооружения, распределенные по всей территории России, находятся в сложном взаимодействии с окружающей средой. Обычно это взаимодействие негативно влияет на природу из-за огромной протяженности магистральных трубопроводов, которые пересекают практически все природные и климатические регионы. Согласно данным РАО «Газпром», потери газа при транспортировке на средние расстояния в 2500 км составляют 1,0-1,2% от общего объема перекачки» [31].

«Перекрываются реки и ручьи, когда проходят трассы трубопроводов, что приводит к размыву берегов прибрежной полосы. Современные магистральные газопроводы имеют диаметр до 1400 мм и рабочее давление до 10 МПа. Они являются взрывопожароопасными сосудами протяженностью в тысячи

километров, разрушение которых приводит к крупномасштабным экологическим потерям. Главной причиной этих потерь являются механические и термические повреждения природного ландшафта. Нарушения, даже временные, вызывают сдвиги в тепловом и влажном режимах грунта, приводя к существенным изменениям его общего состояния» [22].

«Работа компрессорных станций представляет собой самостоятельный вид техногенного воздействия на окружающую среду. По данным ВНИИ-Газа, основным загрязняющим веществом от КС являются окислы азота, содержание которых в зоне КС часто превышает максимально допустимые концентрации в атмосферном воздухе. На расстоянии до 500 м от источника уровень загрязнения для ряда КС составляет 40-60 ПДК» [11].

«При наземной прокладке трубами русла рек, особенно поймы, захламляются остатками строительных материалов и древесными остатками. Эти воздействия приводят к стеснению руслового потока, нарушению водного режима, повышению мутности воды и снижению рыбохозяйственного значения рек» [24].

«Вредные вещества, содержащиеся в выхлопных газах газоперекачивающих агрегатов (ГПА) на компрессорных станциях магистральных газопроводов, являются основным источником загрязнения приземного слоя атмосферы. Также значительное воздействие на окружающую среду оказывают аварийные выбросы газа при отказах линейной части магистральных газопроводов и выбросы при проведении технологических операций, таких как пуск и остановка ГПА, продувка пылеуловителей и другие. Эти загрязнители обладают токсическими и раздражительными свойствами, что усиливает их негативное воздействие на окружающую среду» [11].

Как показано на рисунке 3, в 2013 на установках очистки отходящих газов было уловлено и обезврежено 3548,8 тыс. т ЗВ, где 94 % составляют твердые вещества, в основном зола твердого топлива, образующаяся на объектах Газпром энергохолдинга. Уменьшение валовых выбросов ЗВ в

атмосферу от стационарных источников предприятий Группы Газпром в 2013 году составило 9,8 % и составило 3 076,4 тыс. т по сравнению с предыдущим годом. Для Группы Газпром основными ЗВ являются углеводороды (в основном метан), оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы, которые в совокупности составляют 92,2 % валовых выбросов.



Рисунок 3 – Динамика валовых выбросов и предотвращенных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Группе Газпром, 2009–2013 гг., тыс. т. [23]

Выбросы углеводородов (метан) в составе общих выбросов преимущественно связаны с деятельностью предприятий, занимающихся добычей, транспортировкой, хранением и переработкой природного газа и газового конденсата. В газовом комплексе отмечено незначительное увеличение выбросов по сравнению с 2012 годом, преимущественно из-за роста эмиссий метана в сегменте магистрального транспорта газа ОАО «Газпром». Этот рост был обусловлен увеличением товарно-транспортной работы на 4 % и проведением плановых ремонтов на объектах транспорта газа. В то же время

отмечено снижение выбросов от объектов по переработке природного газа и газового конденсата на 24 тыс. тонн, от ПХГ – на 10,6 тыс. тонн, и от добычи – на 1 тыс. тонн.

Как показано на рисунке 4, в общей сложности с 2009 года валовые выбросы от стационарных источников ОАО "Газпром" сократились на 430 тыс. тонн. Из этой суммы выбросов метана сократилось на 382,56 тыс. тонн благодаря использованию энергоэффективных технологий без выброса газа в атмосферу при ремонте на магистральных газопроводах и скважинах, а также вводу в эксплуатацию двух компрессорных станций (КС), работающих на попутном нефтяном газе в ООО "Газпром добыча Уренгой".

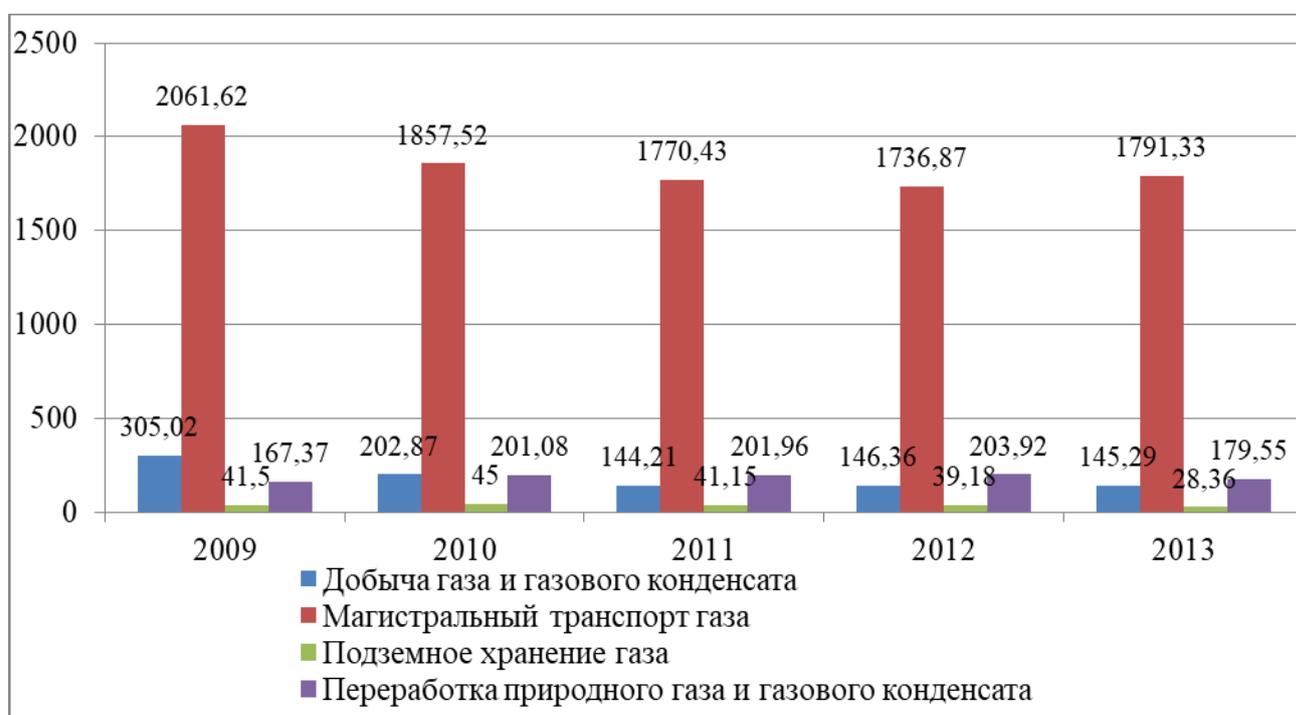


Рисунок 4 – Динамика валовых выбросов в атмосферный воздух в ОАО «Газпром» по видам основной деятельности, 2009–2013 гг., тыс. т. [23]

«При разведке месторождений, эксплуатации скважин и линейных сооружений необходимо учитывать, что природный газ может содержать весьма токсичные вещества. Экономическая эффективность реализации

природоохранной технологии проявляется на примере содержания сернистых соединений в газе нижней Волги, которая позволяет окупить затраты на его очистку. Шумовое загрязнение атмосферы на территории строительства магистральных трубопроводов негативно влияет на состояние животного мира. Например, уровни шума на КС значительно превышают действующие санитарные нормы, что создает неблагоприятные условия для обслуживающего персонала, населения и обитания диких животных и птиц» [32].

«При добыче и транспортировке газа возникают нарушения окружающей среды, обусловленные изменением инженерно-геологической обстановки. Эти нарушения приводят к тому, что животные и птицы вынуждены покидать свои привычные места обитания из-за воздействия шумов. Популяционные группы, покидающие зоны влияния строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов, перераспределяются, что приводит к уплотнению популяций в новых местах обитания и, в конечном счете, к снижению продуктивности охотничьих угодий. Избежать этих нарушений полностью невозможно при современных методах освоения, поэтому главная задача заключается в рациональном использовании природных условий для минимизации нежелательных последствий» [30].

4.2. ВОЗДЕЙСТВИЕ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ НА УЧАСТКЕ «ГАЗОПРОВОД-ОТВОД К СУРГУТСКОЙ ГРЭС-1»

Как показано в 3.2.1. в глинистых грунтах, взаимодействующих с сооружениями с динамическими нагрузками, могут возникать тиксотропные явления, которые оцениваются различными показателями. На участке «Газопровод-отвод к Сургутской ГРЭС-1» такими сооружениями являются компрессорные станции.

Нами в представленной работе определялись следующие показатели возможности развития тиксотропных явлений в грунтах: степень выраженности структурной связности C_s и показатель коллоидной активности A_k .

Степень выраженности структурной связности (C_s) указывает на величину изменения структурных связей грунтов, представляет значение разности коэффициентов консистенции C_{b1} и C_{b2} , определяемых по величинам погружения конуса в грунт естественной и нарушенной структуры при одинаковой влажности. В таблице 5 представлена классификация грунтов по степени выраженности структурной связности.

Чем более значительно выражен этот показатель, тем большей способностью к тиксотропным явлениям обладают глинистые грунты.

Таблица 5 — Классификация грунтов по степени выраженности структурной связности (по П.О. Бойченко).

Категория грунта	Структурная связность выражена	Разность коэффициентов консистенции C_s
I	Слабо	<0.15
II	Средне	0.15-0.30
III	Значительно	0.30-0.60
IV	Резко	>0.60

Расчет производился, как разность между показателем текучести C_{b1} и показателем текучести по C_{b2} .

«Результаты оценки показателей C_{b1} и C_{b2} получены в лаборатории «ООО Нефтегазгеодезия»:

$$C_{b1(ИГЭ-3д)} = 0,832$$

$$C_{b2(ИГЭ-3д)} = 0,201$$

$$C_{b1(ИГЭ-3е)} = 1,381$$

$$C_{b2(ИГЭ-3е)} = 0,512» [24].$$

Результаты расчетов и степень выраженности структурных связей для глинистых грунтов приведены в таблице 6.

Таблица 6 — Степень выраженности структурных связей для глинистых грунтов участков ИГЭ-3д и ИГЭ-3е.

Наименование показателей	ИГЭ-3д - Суглинок легкий песчанистый текучепластичный	ИГЭ-3е – Суглинок легкий пылеватый текучий
Разность показателей текучести (значения средних показателей определения) С _{b1} - С _{b2}	0,631	0,869
Структурная связность выражена	Резко	Резко

Из таблицы 6 мы видим, что степень выраженности структурных связей для глинистых грунтов участков ИГЭ-3д и ИГЭ-3е оценивается как резкая, что говорит о предрасположенности грунтов к тиксотропным превращениям.

Также проводился расчет показателя коллоидной активности A_k , который учитывает значительную связь выраженности структурных связей с содержанием глинистых частиц (<0.002 мм), коллоидно-химическими свойствами и пластичностью, и характеризует относительное содержание в тонкодисперсной части глинистой породы минералов с различной коллоидно-химической активностью.

Показатель коллоидной активности A_k , определяется по следующей формуле:

$$A_k = I_p / M_c,$$

где: M_c – содержание глинистых частиц (<0.002 мм), I_p – число пластичности грунта.

По данному показателю производят классификацию грунта, пользуясь таблицей 7.

Таблица 7 — Классификация глинистых грунтов по показателю коллоидной активности

Значение показателя Ак	Ак > 1,25	1,25 > Ак > 0,75	Ак < 0,75
Коллоидная активность грунта	высокая	средняя	низкая

Чем более высокой степенью коллоидной активности обладают грунты, тем более они расположены к тиксотропным явлениям.

Расчет показателя коллоидной активности Ак по данным состава и физических характеристик, полученным в «ООО Нефтегазгеодезия» [24], представлен в таблице 8.

Таблица 8 — Расчёт способности проявления тиксотропных процессов на участке объекта «Газопровод-отвод к Сургутской ГРЭС-1»

№ ИГЭ	Содержание глинистых частиц (<0.002 мм)	Ip, %	Ак
ИГЭ-3д	9,81	8,12	1,21
ИГЭ-3е	10,9	13,81	0,79

Судя по расчетам, представленным в таблице 8, мы видим, что грунты ИГЭ-3д и ИГЭ-3е обладают средним значением показателя коллоидной активности. Такие грунты имеют склонностью к проявлению тиксотропных свойств.

Таким образом, все исследуемые грунты участка являются потенциально тиксотропными грунтами. При определённых условиях, в них будут проявляться тиксотропные процессы.

В условиях строительства газопровода на участке, особенно при наличии тиксотропных грунтов, возникает повышенный риск различных процессов, влияющих на устойчивость грунтового основания.

Для снижения риска тиксотропных процессов на участке строительства газопровода необходимо применять определенные меры. Прежде всего, следует провести предварительное исследование грунтового состояния с применением специальных методов, таких как геофизические и геотехнические исследования, а также анализ данных о прошлых строительствах на данном участке. Это поможет определить зоны особого риска и разработать соответствующие мероприятия.

Одной из важных мер является контроль за влажностью грунта. При наличии тиксотропных грунтов необходимо поддерживать оптимальные значения влажности, чтобы избежать его скольжения. Для этого можно использовать системы дренажа, осушения и поддержания постоянного уровня воды в грунте. Также следует учесть влияние погодных условий и сезонных колебаний уровня грунтовых вод при определении графика строительных работ.

Особое внимание следует уделить укреплению грунта на участке строительства. Для этого можно применить различные методы, включая гидроизоляцию, применение геосинтетических материалов, армирование грунта и установку шпунтовых стен. Такие меры помогут предотвратить скольжение грунта и улучшить его устойчивость.

Кроме того, необходимо строго соблюдать требования к технике безопасности при производстве работ на участке строительства газопровода. Это включает в себя обучение персонала, проведение строгого контроля за работой техники, а также применение защитных средств и специальных технологий при выполнении определенных операций.

4.3. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ ГАЗОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ НА УЧАСТКЕ «ГАЗОПРОВОД-ОТВОД К СУРГУТСКОЙ ГРЭС-1»

Как было отмечено в 3.2.2. морозное пучение оснований сооружений приводит к неравномерным деформациям конструкций, нарушает проектные режимы их работы.

В Сургутском районе грунты характеризуются разнообразным строением и сложным фазовым состоянием. Толща верхнего слоя геологического разреза представлена чередующимися участками мерзлых, охлажденных и талых пород, сложно замещающих друг друга в плане и разрезе.

Рассматриваемый участок объекта «Газопровод-отвод к Сургутской ГРЭС-1» расположен в зоне сезонного промерзания-оттаивания, что предполагает возможность развития морозного пучения грунтов, расположенных в основании сооружений.

В связи с этим в работе производился прогнозный расчёт вероятности развития морозного пучения и его возможной величины.

Одним из показателей возможности развития морозного пучения является величина влажности вероятности (порога) пучения.

«Уровень влажности порога пучения определяет тот минимум кристаллов льда, который нарушает изначальную плотность скелета грунта и зависит от его водных характеристик. Этот порог может быть достигнут при суммарной влажности ($W_{п.п.}$), превышающей естественную влажность грунта (W_e), и определяется по формуле» [19]:

$$W_{п.п.} = W_w + n (W_{кр} - W_w),$$

где: W_w – влажность за счет незамерзшей воды; (определяется по стандартным кривым зависимости температуры от соответствующей влажности

для данного типа грунта), $W_{кр} = 0,91W_n$; W_n – полная молекулярная влагоемкость, находится по формуле:

$$W_n = W_e/S_r,$$

где: S_r – коэффициент водонасыщения.

Коэффициент n определяется в зависимости от амплитуды колебаний температуры и составляет 0,5 для данного участка при годовой амплитуде колебания температур на поверхности почвы равной $8,68^{\circ}\text{C}$.

Данные, на основе которых производится расчёт влажности вероятности (порога) пучения ($W_{п.п.}$) с целью возможности развития этого процесса, были получены в процессе исследования на объекте «Газопровод-отвод к Сургутской ГРЭС-1» и представлены в таблице 9.

Были использованы характеристики, полученные по двум скважинам, расположенным по трассе газопровода на расстоянии 250,0 м, друг от друга.

Таблица 9 — Показатели свойств грунтов в скважинах, расположенных по трассе газопровода

№ скв.	Наименование грунта	Показатели свойств грунтов				
		W_e , д.е.	$W_{кр}$, д.е.	W_w , д.е.	S_r , д.е.	ρ , г/см ³
1	Суглинок мягкопластичный	0,258	0,235	0,078	1	2,03
2	Супесь пластичная	0,192	0,184	0,042	0,95	2,01

Суммарная влажность для скважины №1:

$$W_{п.п.} = 0,397$$

Суммарная влажность для скважины № 2:

$$W_{п.п.} = 0,327$$

Таким образом, естественная влажность на обоих участках превышает влажность порога пучения $0,397 > 0,258$ и $0,327 > 0,192$, следовательно, будет происходить морозное пучение.

Возможность появления негативных процессов морозного пучения грунта на участке строительства газопровода является реальной и требует учета при проектировании и строительстве.

Факторы, способствующие возникновению морозного пучения грунта, включают наличие воды в грунте, низкую температуру и наличие механических напряжений. При строительстве газопровода необходимо учитывать эти факторы и принимать соответствующие меры для предотвращения повреждений.

Для снижения риска морозного пучения грунта на участке строительства газопровода могут быть применены следующие меры:

1. Гидроизоляция грунта - создание барьера для проникновения воды в грунт, например, с помощью геотекстиля или специальных гидроизоляционных материалов.

2. Организация дренажной системы - для удаления излишков воды из грунта и предотвращения ее замерзания.

3. Использование специальных технологий и материалов при прокладке газопровода - например, использование теплоизоляционных материалов или устройство тепловых экранов для предотвращения проникновения холода к газопроводу.

4. Регулярный мониторинг и обслуживание газопровода - для выявления и предотвращения возможных повреждений, связанных с морозным пучением грунта.

Тем не менее, необходимо отметить, что каждый участок строительства имеет свои особенности, и потому рекомендуется проведение инженерных и геологических исследований для более точной оценки возможности появления

негативных процессов морозного пучения грунта и разработки соответствующих мер по их предотвращению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе бакалавра решены все поставленные задачи:

1. Изучены физико-географические особенности территории Сургутского района Тюменской области. Рассмотрены все важные аспекты, такие как местоположение объекта, геоморфология и рельеф, гидрография, климат, почвы и растительность, геологическое строение и гидрогеологические условия.

2. Дана краткая характеристика сооружений газотранспортной системы. Единая система газоснабжения России состоит из важных объектов, включая головные компрессорные станции, линейную часть магистрального газопровода, подземные хранилища газа, промежуточные компрессорные станции и газораспределительные станции.

3. Рассмотрены объекты газотранспортной системы, как источники экологической опасности для окружающей среды. Объекты газотранспортной системы являются источниками экологической опасности для окружающей среды. Они могут загрязнять воздух, воду и почву нефтью, нефтепродуктами и углеводородами, которые обладают канцерогенными и мутагенными свойствами. Также возможны утечки газа, приводящие к взрывам и возгораниям, что наносит вред растительности и животным.

4. Определены условия формирования экзогенных процессов в окружающей среде Тюменской области Западной Сибири на участке «Газопровод-отвод к Сургутской ГРЭС-1» на трассе магистрального газопровода «Уренгой – Сургут – Челябинск». Выявлено, что грунты исследуемого участка, могут быть подвержены явлениям тиксотрипии и морозного пучения. Степень выраженности структурных связей для глинистых грунтов участков ИГЭ-3д и ИГЭ-3е оценивается как резкая, что говорит о предрасположенности грунтов к тиксотропным превращениям. Естественная

влажность на обоих участках скважин превышает влажность порога пучения $0,397 > 0,258$ и $0,327 > 0,192$, следовательно, будет происходить морозное пучение.

5. Предложены мероприятия по снижению воздействия объектов газопровода «Уренгой – Сургут – Челябинск на окружающую среду:

5.1. Контроль над влажностью грунта

5.2. Гидроизоляция грунта

5.3. Организация дренажной системы

5.4. Использование специальных технологий и материалов при прокладке газопровода

5.5. Регулярный мониторинг и обслуживание газопровода

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Ханты-Мансийского автономного округа, ФГУП «Омская картографическая фабрика», 2004 – 303с.
2. Башкин В.Н., Казак А.С., Снакин В.В., Припутина И.В., Хрисанов В.Р., Кочуров Б.А. Устойчивость экосистем к эмиссиям магистральных газопроводов. Москва-Смоленск. Универсум. 2002. 232 с.
3. Березняков А.И., Чугунов Л.С. Принципы управления экологической стабильностью газодобывающих регионов // Проблемы экологии при освоении месторождений Крайнего Севера", М, ВНИИГАЗ, 1994, с.87-96.
4. [Блиновская Я.Ю., Задоя Д.С. Введение в геоинформационные системы. – М.: Инфра-М, Форум, 2012. – 112 с.](#)
5. Бобровский С.А. Трубопроводный транспорт газа, М: Наука, 1976г.
6. [Большаник П.В., Недбай В.Н. Геоэкологические проблемы трансформации рельефа урбанизированных территорий \(на примере городов Западной Сибири\). – М.: Инфра-М, 2017. – 244 с.](#)
7. Будзуляк Б.В./ Доклад «Развитие газотранспортной системы», 2006г
8. [Вальдберг А.Ю., Николайкина Н.Е. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Защита атмосферы. – М.: Дрофа, 2008. – 240 с.](#)
9. [Ветошкин А.Г. Теоретические основы защиты окружающей среды. – М.: Высшая школа, 2008. – 400 с.](#)
10. Власова Л.В. Природные факторы при аварийности газопроводов / Л.В. Власова // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. - 2009. - № 3. -С. 264-270.
11. Гирусова Э.В., Лопатина В.Н. Экология и экономика природопользования: учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002, 519с.

12. Гречищев С. Е., Чистотинов Л. В., Шур Ю. Л. Криогенные физико-геологические процессы и их прогноз. М.: Недра, 1980. 384 с.
13. Громов Н.Н., Панченко Т.А., Чудновский А.Д. Единая транспортная система: Учебник для вузов. М.: Транспорт, 1987. — 304 с.
14. Денeko Ю. В. Экология и охрана окружающей среды: настоящее и будущее / Журнал «Газовая промышленность», №7, 2013.
15. Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. Том 2. Западная Сибирь. - М.: Издательство Московского университета, 1976. - 498 с.
16. Иванов И.П., Тржцинский Ю.Б. Инженерная геодинамика СПб. Изд-во. Наука, 2001.
17. [Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология и охрана окружающей среды. – М.: КноРус, 2012. – 336 с.](#)
18. Кублановский Л.Б. Определение мест повреждений напорных трубопроводов, М., Недра, 1971. – 134с.
19. Кудрявцев В.А., Ершов Е.Д. К методике лабораторных исследований влагопереноса в глинистых грунтах // Мерзлотные исследования. – М.: Изд-во МГУ. Вып. XI. 1971. – С. 183-187.
20. Лисичкин С.М. Энергетические ресурсы и нефтегазовая промышленность мира / С.М. Лисичкин. М.: 1999. 255с.
21. Лучкин Н.А. Математическая модель автоматизированной системы мониторинга технологических процессов газоперекачивающих агрегатов / Н.А. Лучкин, А.Г. Янишевская. – Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – Омский государственный технический университет, г. Омск. – 2015. – 10 с.
22. Мазур И.И., Иванцов О.М. Безопасность трубопроводных систем / И.И. Мазур, О.М. Иванцов. М.: ИЦ «ЕЛИМА», 2004.
23. ОАО «Газпром» Экологический отчет 2013.

24. Отчёт об инженерных изысканиях. Том 12. Инженерно-геологические изыскания «Капитальный ремонт «Газопровод-отвод к Сургутской ГРЭС». ООО Нефтегазгеодезия г.Санкт-Петербург. 2010
25. Природа Югры / под ред. Л.Н. Добринского. Екатеринбург: Наука, 1995. 436с.
26. [И.С. Решетников. Автоматизация производственной деятельности газотранспортной компании. – М.: Нефтегазсофтсервис, НГСС, 2011. – 116 с.](#)
27. Роман Л.Т., Царапов М.Н. Пособие по определению физико-механических свойств промерзающих, мерзлых и оттаивающих дисперсных грунтов. М.: Университетская книга, 2018. 188 с
28. Руководство по проектированию оснований и фундаментов на пучинистых грунтах. М.: Стройиздат, 1979. 39 с.
29. [Семечкин А.Е., Пазюк Ю.В., Фокин В.Н. Система управления окружающей средой в организациях строительной отрасли. – М.: МЭТ-Сертификация, 2003. – 316 с.](#)
30. Терехов А.Л., Яблоник Л.Р., Емельянов О.Н. Снижение шума систем сброса газа на газотурбинных компрессорных станциях // Наука и техника в газовой промышленности. М., 2005. - №4. - С. 20 - 24.
31. Фейгин А. Газовая промышленность России: состояние и перспективы / А.Фейгин. М.: 2001. 150с.
32. Черняев В.Д., Яковлев Е.И., Казак А.С., Сощеико А.Е., Трубопроводный транспорт углеводородного сырья. М.: ВНИИОЭНГ, 1991. 343 с.
33. Шудибиль Ю.А. Детальное изучение физико-геологических процессов на трассе линейных сооружений в северной тайге Западной Сибири //Геокриологический прогноз в осваиваемых районах Крайнего Севера. Тезисы докладов междуведомственного совещания. - М. 1982. - С. 147.