

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

(Магистерская диссертация)

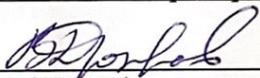
На тему: «Оценка экологического риска добычи и транспортировки природного  
газа на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (на примере  
Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения)»

Исполнитель \_\_\_\_\_ Сатяева Анастасия Артуровна \_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_ кандидат геолого-минералогических наук

\_\_\_\_\_ Корвет Надежда Григорьевна \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

  
(подпись)

\_\_\_\_\_ кандидат географических наук, доцент

\_\_\_\_\_ Дроздов Владимир Владимирович \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

Санкт-Петербург

2022

## Оглавление

Введение.....	4
Глава 1 Экологическая опасность и экологические риски при добыче и транспортировке природного газа на нефтегазовых месторождениях.....	6
1.1 Понятия «экологическая опасность» и «экологический риск».....	6
1.2 Воздействие нефтегазового комплекса на природную среду.....	10
1.3 Аспекты негативного воздействия нефтегазодобывающего комплекса.....	13
1.4 Особенности проявления экологических рисков в системе «газовая отрасль – окружающая среда» на территории Ямало-Ненецкого автономного округа.....	15
Глава 2 Природно-климатические условия территории Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения.....	19
2.1 Климат.....	19
2.2 Гидрологическая характеристика.....	22
2.3 Геоморфологические условия.....	22
2.4 Геологическое строение.....	23
2.5 Гидрогеологические условия.....	24
2.6 Характеристика почвенного покрова.....	24
2.7 Растительный и животный мир.....	26
Глава 3 Источники экологического риска, обусловленные деятельностью Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения.....	29
3.1 Источники воздействия на окружающую среду территории при строительстве газовых скважин на Юрхаровском участке недр.....	29
3.1.1 Источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.....	30
3.1.2 Источники шумового воздействия.....	32
3.1.3 Источники воздействия на поверхностные воды и водоносные горизонты.....	33
3.1.4 Воздействие на ландшафты.....	35
3.1.5 Источники отходов производства.....	36
3.2 Источники воздействия объектов газотранспортной системы на	

окружающую среду Юрхаровского участка недр.....	40
3.2.1 Источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.....	40
3.2.2 Источники воздействия на поверхностные воды и водоносные горизонты.....	42
3.2.3 Воздействие газопроводов на ландшафты.....	42
Глава 4 Оценка экологических рисков воздействия на окружающую среду Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения.....	48
4.1 Результаты оценки экологических рисков воздействия на окружающую среду строительства газовых скважин.....	48
4.2 Результаты оценки экологических рисков воздействия на окружающую среду объектов газотранспортной системы.....	53
Глава 5 Мероприятия по снижению экологических рисков, обусловленных деятельностью Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения.....	63
5.1 Анализ возможных мероприятий для предотвращения и снижения возможного негативного воздействия объектов добычи и транспортировки природного газа на окружающую среду.....	63
5.2 Мероприятия по снижению экологических рисков на Юрхаровском нефтегазоконденсатном месторождении.....	68
5.2.1 Меры по предотвращению и снижению возможного негативного воздействия объектов добычи Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения на окружающую среду.....	68
5.2.2 Меры по предотвращению и снижению возможного негативного воздействия объектов транспортировки газа.....	73
Заключение.....	77
Список использованной литературы.....	79
Приложение А.....	87

## Введение

В настоящее время одной из основных составляющих экономики нашей страны является добыча и поставка углеводородного сырья. Российская Федерация, обладая высококонкурентным качеством сжиженного природного газа (СПГ), является одной из крупнейших стран, экспортирующих его во многие уголки мира, включая Европу, Азиатско-Тихоокеанский регион и Латинскую Америку.

Широкое промышленное освоение недр предприятиями нефтегазодобывающей отрасли в значительной степени обуславливает их высокое отрицательное влияние на природную среду. Эта проблема наиболее актуальна в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ), где темпы и масштаб добычи наращиваются, несмотря на суровые климатические условия и практически повсеместное распространение многолетнемерзлых пород (ММП). В связи с этим возникают значительные экологические и, связанные с ними, социальные и экономические последствия.

Одним из важных нефтегазодобывающих проектов на сегодняшний день является проект разработки Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ), расположенного в арктическом регионе на территории Тазовской губы, которое содержит и сопредельную территорию суши.

Как непосредственная разработка Юрхаровского НГКМ, так и различные промышленные объекты нефтегазодобычи, могут негативно влиять на естественную среду Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО). По мнению специалистов, при обустройстве месторождения, несмотря на предусмотренные природоохранные мероприятия, полностью невозможно исключить его отрицательного воздействия на природную среду, что определило включение в число приоритетов экологической политики установку в зоне размещения объектов разработки предприятий по сохранению природной среды. Это требует детальной оценки возможных источников экологического риска, обусловленных

деятельностью Юрхаровского НГКМ. На её основе возможно оценить состояние природной среды и, что самое главное, спрогнозировать её изменения.

Целью данной работы является оценка воздействия нефтегазовых комплексов на природную среду территории ЯНАО на примере Юрхаровского НГКМ, особое внимание уделяя влиянию на ММП. Для этого определены следующие задачи:

- 1) Рассмотреть понятие экологического риска применительно к нефтегазовым месторождениям.
- 2) На основании анализа литературных данных изучить факторы, влияющие на экологическое состояние территорий, связанные с разработкой залежей и транспортировкой природного газа (ПГ).
- 3) Охарактеризовать основные компоненты природной среды ЯНАО.
- 4) Рассмотреть возможные источники экологического риска, обусловленные деятельностью Юрхаровского НГКМ.
- 5) Провести оценку экологического риска для ММП, обусловленного деятельностью Юрхаровского НГКМ.
- 6) Предложить меры по снижению и предупреждению возможного негативного воздействия на окружающую среду (НВОС) от объектов добычи Юрхаровского НГКМ.

# Глава 1 Экологическая опасность и экологические риски при добыче и транспортировке природного газа на нефтегазовых месторождениях

## 1.1 Понятия «экологическая опасность» и «экологический риск»

Любая хозяйственная деятельность, вне зависимости от ее направления, целей, масштабов и локализации, потенциально опасна для окружающей природной среды и связана с различными рисками. По этой причине необходимо точно представлять, что означают понятия «экологическая опасность» и «экологический риск» для возможности их снижения и (или) предотвращения.

Для детерминирования понятия «экологическая опасность» обратимся к словарю МЧС, который определяет данный термин как нарушения природных условий, которые приводят к разрушающим последствиям как для общества, так и для природы. Среди таких последствий можно отметить сокращение возможностей производства, духовного и культурного развития общества и угрозу здоровья людей. Экологическая опасность может быть следствием как человеческого фактора, так и стихийных бедствий [59]. Очевидно, что противоположностью экологической опасности является экологическая безопасность. В Федеральном законе №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» она определяется как состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий [65].

Согласно действующей нормативной базе РФ [5], опасностью называется потенциальный источник возникновения ущерба.

При оценке опасности, систематизируя существующие ее виды, рассматривают различные явления, наносящие урон здоровью человека, а также состоянию сооружений. При этом, происхождение данных явлений может носить как природный, так и техногенный генезис [15].

Классификация опасных природных явлений приведена на рисунке 1 [2].



Рис. 1 Классификация опасных природных явлений

Опасности неразрывно связаны с рисками, потому возникает потребность в их четкой формулировке.

Проанализировав множество литературных источников, можно заключить, что определение понятия «риск» является очень сложным, и в современной научной литературе используются противоречащие друг другу определения. Несмотря на систематические исследования по этому вопросу, единых представлений о риске, обусловленном совместным проявлением природных и техногенных факторов, ещё полностью не сложилось, хотя отмечается интенсивность и продолжительность многих видов стихийных явлений, как результат нарушения экологического равновесия [24]. Исходя из этого, можно определить, что «экологический риск – это риск нарушения динамического равновесия в экологических системах, который приводит к изменению параметров характеристик их абиотических и биотических

составляющих в результате природных процессов или техногенной деятельности и перестройки экосистемы в состояние с новыми свойствами» [36].

Перейдем теперь к определению понятия «риск», которое в нормативно-правовых актах РФ, означает «сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести этого ущерба» (согласно ГОСТ Р 51898-2002). Кроме того, ГОСТ Р 22.0.02-94 приводит адаптированное определение для использования в сфере экологии: «вероятность или частота возникновения источника чрезвычайной ситуации, определяемая соответствующими показателями риска» [7]. Также свое определение присутствует в ФЗ №7, который, как мы уже указывали ранее, раскрывает ключевые законодательные аспекты в области деятельности по охране окружающей среды. Так, «экологический риск» представляется там как вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера. Таким образом, риск представлен численным выражением вероятности возникновения чрезвычайных событий на конкретном временном отрезке.

Такое определение экологического риска включает критерии поражения объектов хозяйственной деятельности, многие из которых подвержены, в частности, воздействию экзогенных геологических процессов, в разной степени оказывающих влияние на экологическое состояние окружающей среды.

Рассмотренные понятия экологического риска являются центральными в экологических вопросах нефтегазовой отрасли, поскольку нефтегазовый комплекс – один из ключевых элементов российской промышленности и экономики. Особенно необходим учет экологических рисков и экологической опасности в районах Крайнего Севера, представляющих собой девственные и при этом ранимые экосистемы.

В системе «газовая отрасль – окружающая среда» при решении задач, связанных комплексным рассмотрением деятельности этой отрасли и её воздействием на компоненты окружающей среды (ОС), предложено понятие

«геоэкологический риск», который в классификации рисков выделяется отдельным пунктом [51].

По мнению многих исследователей, геоэкологические риски представляют частный вариант экологических рисков. При этом, геоэкологический риск трактуется как явления геологического генезиса, которые наносят ущерб и создают угрозу экологической обстановке, здоровью и жизни людей, а также несущие экономические потери, в частности, из-за разрушений инфраструктуры [35].

В магистерской диссертации исследования направлены на оценку экологических рисков при воздействии на ОС объектов газовой отрасли добычи и транспортировки газа. Объект исследования расположен в криолитозоне, при освоении которой повышенная экологическая опасность обусловлена дефицитом тепла, распространением ММП, медленным биогеохимическим круговоротом веществ, низкой биопродуктивностью ценозов, малыми скоростями самовосстановления геосистем. Неустойчивые и динамичные породы многолетней мерзлоты находятся под сильным влиянием всех процессов, которые нарушают естественные условия окружающей среды. Их промерзание-оттаивание, льдообразование, развитие криогенных процессов (термокарста, пучения, растрескивания и т.д.) могут стать причиной возникновения различных неблагоприятных экологических ситуаций, которые повлекут за собой негативные изменения во всех техногенных системах [63].

Таким образом, в работе исследуются геоэкологические риски, обусловленные развитием криогенных процессов в результате деятельности всей газовой отрасли.

Геоэкологические риски представляют собой факторы вероятности возникновения угрозы природного и технического генезиса, которые оказывают деструктивное воздействие на здоровье человека и экологическую обстановку на территориях с объектами газовой промышленности, а также те риски, которые возникают из-за влияния различных природных факторов на деятельность газовой промышленности [51].

Оценка риска является частью системы принятия решений о рисках, связанных с хозяйственной деятельностью, и последующим осуществлением действий, целью которых является обеспечение безопасности человека и природы [52].

## 1.2 Воздействие нефтегазового комплекса на природную среду

Условно нефтегазовая деятельность включает следующие основные этапы:

- 1) геолого-разведочные работы, необходимые для выявления и оценки ресурсного потенциала территории, запасов углеводородов;
- 2) бурение скважины и обустройство месторождения;
- 3) эксплуатация месторождения;
- 4) транспортировка продукта потребителю или в пункты подготовки различными способами, как трубопроводным, так и танкерным.

На каждой из стадий существуют свои конкретные риски, оказывается или может быть оказано неблагоприятное воздействие на все компоненты окружающей среды: атмосферный воздух, гидросферу, литосферу, биоту, а также на здоровье людей и состояние технических систем.

Так, уже со стадии геолого-геофизических работ начинается непосредственное воздействие на экосистемы.

Цель этих работ, в ходе которых применяются различные методы сейсморазведки, заключается в выявлении. Например, во время морской сейсморазведки на Арктическом континентальном шельфе, специалисты АЗРФ генерируют сейсмические волны с последующей регистрацией колебаний, отраженных от поверхности дна. Полученные данные помогают исследователям оценить и проанализировать структуру и нефтегазоносность остаточных пород. Однако получаемый гидроудар силой до 150 атм. может привести к гибели или поражению органов и тканей взрослых рыб и мальков. Еще одним негативным последствием сейсмических съемок является то, что иногда они приводят к сбоям миграционных путей лососевых рыб. Это происходит вследствие того, что

продуцируемые шумы мешают гидробионтам определять другие звуки, общаться между собой, искать пищу и ориентироваться в среде.

Там, где обнаруживаются нефтегазоносные структуры, на этом же этапе стартует бурение скважин. Необходимо понимать, что во время разведки и добычи углеводородов происходят сбросы жидких и твердых отходов в водные источники. Эти сбросы, представляющие собой в виде отработанных буровых растворов (БР) и буровых шламмов (БШ) из различных горных пород, которые приводят к нефтяному загрязнению, достигают в своём объёме до 5000 м<sup>3</sup> [28]. В ядовитых загрязнениях обнаруживается до 800 веществ, которые оказывают канцерогенное и мутагенное воздействие [70].

Загрязнения, нарушающие гидрохимический режим, также происходят за счет пластовых вод, полных тяжелых металлов и нефтяных углеводородов, которые также высвобождаются из скважин. Эти воды также существенно повышают уровень солености морской воды из-за аномальной минерализации, что особенно характерно для ареала с распространенным ММП.

Очередной угрозой может стать разлив различных химических веществ, включая нефть, которые иногда происходят в результате аварий в процессе разработки нефтегазовых месторождений и дальнейшей транспортировки добытых веществ. Преимущественно аварии вызваны производственным, человеческим и природным факторами. К производственным можно отнести устаревшее и износившееся оборудование, в человеческим - ошибки персонала, а природным - различные экстремальные условия.

Экологические последствия таких техногенных катастроф наиболее серьезны у побережий, а также на территориях с замедленным водообменом, что актуально для многих месторождений ЯНАО, так как большинство из них располагается не просто близко к водным объектам, но некоторые месторождения находятся непосредственно в Тазовской и Обской губах Карского моря, т.е. в шельфовой зоне.

Также опробование и эксплуатация нефтегазовых скважин сопровождается сжиганием попутного нефтяного газа и избыточных количеств

углеводородов, которые вносят существенный вклад в загрязнение атмосферы. Например, подсчитано, что порядка 30% различных углеводородов проходят путь от сжигания в факельных установках, уходя в атмосферу, после чего часть из них оседает на морской поверхности, формируя нефтяные тонкие пленки вокруг буровых платформ [23].

При длительной эксплуатации месторождения повышается сейсмоопасность района, поскольку происходит истощение пород на значительных по площади территориях, а также протаивание ММП, провоцирующее различные геологические процессы, такие как морозное пучение или, напротив, проседание грунта. В результате этого растет риск обрушения верхних слоев горной породы. Безусловно, это несет за собой разрушительные последствия как для людей, так и для экологии, вплоть до землетрясений на протяженном расстоянии от эпицентра.

Вероятность загрязнения воды растет также в прибрежных зонах и на шельфе, которые становятся частью пути при транспортировке добытого углеводородного сырья. Причиной могут быть, в том числе, такие техногенные факторы, как сброс продуктов деятельности с буровых установок (БУ), в том числе различных материалов, обеспечивающих функционирование судов, обслуживающих механизмов, а также иные производственные и бытовые отходы.

Еще одной зоной повышенного экологического риска являются территории с многокилометровые системой подводных трубопроводов для перекачки нефти, газа и конденсата. Очевидно, что самая распространенная проблема здесь – утечка транспортируемых веществ, которая оказывает токсическое воздействие на живые организмы. Масштаб катастрофы определяется при этом не только масштабом самой утечки, но также особенностью местных течений. Например, особую опасность представляют утечки на пересечении или вблизи крупных рек, поскольку это оказывает серьезное влияние на состояние зоны устья.

В результате транспортировки углеводородов подводным и подземным трубопроводом происходит нагрев придонных вод и многолетнемерзлых грунтов в зоне трубопровода [28].

Среди экологических проблем, которые актуальны в процессе нефтегазодобывающего производства, требуют особого внимания и неотложного решения три группы:

- 1) истощение запасов нефти и газа и пополнение их за счет открытия новых месторождений;
- 2) загрязнение окружающей среды;
- 3) нарушение естественного экологического равновесия и сохранности ландшафтов [18].

Мы определили, что на каждом из этапов нефтегазовой добычи высоки риски загрязняющих утечек, что обуславливает острую необходимость оценки и контроля за реализуемыми технологическими решениями. Помимо прочего, это является одной из ключевых задач для освоения северных территорий для обеспечения их безопасности с точки зрения экологии и эффективности с позиций финансирования.

В АЗРФ в связи с хозяйственной деятельностью территории с вечной мерзлотой сокращаются, что впоследствии может привести к проседанию грунта, эрозии, а также изменению гидрологических процессов и снижению стабильности склонов. Указанные факторы повышают риски оползней и лавин, которые, в свою очередь, являются угрозой для инфраструктуры [28].

### 1.3 Аспекты негативного воздействия нефтегазодобывающего комплекса

На данном этапе развития исследователи выделяют несколько ключевых областей состояния окружающей среды в нашей стране, на которые оказывают негативное влияние процессы нефтегазодобычи [70]:

- 1) **глубинный аспект.** Представляет собой комплекс тех последствий, который сказываются в процессе и результате бурения на состояние земной коры и различные породно-минеральные комплексы. К таким последствиям относятся и механическое разрушение, и химическое воздействие. Негативный сценарий результата подобного воздействия выражается в перетоке пластовых жидкостей и неконтрольном изливании нефти, газа и пластовых вод на поверхность;
- 2) **природный аспект.** Отражает огне- и взрывоопасность, а также токсичность для живых организмов не только непосредственно нефти и газа, но также широкого перечня “побочных” продуктов;
- 3) **технологический аспект.** Состоит из объектов ресурсной базы, необходимой для бурения. Среди них выделяют: буровые сточные воды (БСВ), отработанные БР, БШ; оборудование и технику, предназначенные для транспортировки углеводородов, спецтехнику, трубопроводы с различными жидкостями и газами, электролинии. Кроме того, к ним относят реагенты, а также сжигаемый попутный нефтяной газ, которые ввиду своего разрушительного воздействия на окружающую среду нуждаются в реализации надежных мер по предотвращению выбросов, которые осуществляются, чаще всего, посредством герметизации. Помимо оборудования, которое используется непосредственно при нефтегазодобычи, необходимо также принимать во внимание влияние техники, которая оказывает сопровождающую поддержку. К таковым можно отнести, например, транспортные средства, которые загрязняют атмосферу выхлопными газами, а землю — ГСМ углеводородного состава;
- 4) **социальный аспект.** Он заключается в тех последствиях, которые оказывает на развитие общества и экономики страны зависимость от нефтегазодобычи. В случае, если экономика государства от данного вида деятельности получает основной доход от других стран, существует риск игнорирования развития других отраслей экономики и других отраслей промышленности, делая страну очень зависимой от цен на газ и нефть. В

результате образуются “слабые” отрасли экономики, которые не выдерживают давления санкций;

- 5) рекреационный аспект. Представляет те последствия загрязнения, которые отражаются на состоянии земель, предназначенных для сельского и лесного хозяйства. Нарушения почвенного покрова также являются следствием целого перечня антропогенного воздействия, среди примеров которого геологоразведка, транспортировка углеводородов и рекультивация земель. Наибольшую опасность такие явления несут для территории, в которой преобладают многолетнемерзлые породы, поскольку их растепление нарушает естественный экологический баланс. Это приводит к тому, что значительные области перестают быть пригодными для существования редкой флоры и фауны, виды которых занесены в Красную книгу. С точки зрения экономической эффективности это также приводит к потерям от недополученной прибыли от туризма, отрасль которой является также одной из ключевых для АЗРФ [42].

#### 1.4 Особенности проявления экологических рисков в системе «газовая отрасль – окружающая среда» на территории Ямало-Ненецкого автономного округа

Особенностью проведения операций на Крайнем Севере является то, что они реализуются в суровых условиях. Среди факторов экологического риска в АЗРФ можно выделить: низкие атмосферные температуры, различные обледенения, морской лед, айсберги, палеомерзлота на суше и в донных отложениях в шельфовой части Северного Ледовитого океана (СЛО), отрицательные температуры водной толщи вблизи дна, скопления газов в придонных отложениях, сипы и газогидраты, удаленность территорий и отсутствие инфраструктуры, темнота и туманы [27].

Суровый характер эксплуатационных условий оказывает воздействие на реализацию каждого из этапов добычи нефти и газа, в том числе на этапе

строительства инфраструктуры. В целом, выделяется ряд факторов, которые чаще всего мешают реализации данной стадии: слабые донные грунты, сложный рельеф дна и оползневые явления, различная абразия берегов, проседания или, наоборот, поднятия поверхности земли и техногенные землетрясения, термокарсты, разрывные нарушения и покмарки в донных отложениях, представляющие собой округлые депрессии (конусовидные воронки) либо вытянутые, продолговатые углубления в рельефе дна, формирующиеся в достаточно мягких морских отложениях (илах/глинах) за счёт взрывного выброса в водную толщу  $\text{CH}_4$  вместе с осадками.

На этапе бурения и эксплуатации скважин на этих территориях существенным ограничением являются чрезмерно высокий уровень пластового давления, который провоцирует тяжелые аварии как на суше, так и на море [38].

Что касается возможных и существующих региональных факторов, влияющих на возникновение геоэкологических рисков, которые являются актуальными согласно прогнозу развития газовой промышленности до 2030 г. [71], то к ним принято относить целый ряд процессов природного и технологического генезиса, которые нуждаются в своевременной детерминации и нивелировании еще на этапе геологоразведки.

На протяжении всех этапов разработки месторождения необходимо учитывать следующие природные факторы геоэкологических рисков [46]:

- расположение геоструктур I порядка – платформы с выделением структур II порядка (щиты и массивы, плиты), орогены, представляющие собой длинные и тонкие дугообразные участки с выделением структур II порядка (эпиплатформенные, промежуточные и эпигеосинклинальные) и рифтогены, представляющие собой впадины;
- орографическая расчлененность с глубинами расчленения от 10 м до 600 м и более;
- сейсмичность с разделением на несейсмоопасные ( $\leq 6$  баллов по шкале Рихтера) и сейсмоопасные ( $\geq 6$  баллов) зоны;

- скорости современных вертикальных движений земной коры от +14 мм/год и выше до -14 мм/год и ниже;
- общее состояние комплексов геологических газоносных пород.

На все эти факторы происходит наложение зон и подзон водно-температурного режима:

- по степени промерзания: пермофрост, сезонное промерзание, наличие сплошной или прерывистой льдистости, отсутствие промерзания;
- по степени увлажнения: гумидные, семи-гумидные, засушливые и аридные условия.

Существует объективная потребность рассматривать всю совокупность приведенных факторов геоэкологического риска на уровне региона [51].

Территории Обской и Тазовской губ представляются перспективными месторождениями для морской добычи газа. Экономическая эффективность газодобычи на данных территориях обусловлена незначительным расстоянием от уже существующей системы газового промысла в Ямбургском месторождении. Именно благодаря добычи на этих территориях вот уже на протяжении последнего десятилетия Россия лидирует по добыче товарных углеводородов из субаквальных залежей Арктики [8].

На данный момент нефтегазодобывающая промышленность в ЯНАО развита в Надымском и Пуровском районах, а также — на стадии становления — в Ямальском, Тазовском и Красноселькупском районах. На территории округа в 2010 г. 34 предприятия вели добычу углеводородного сырья [40]. Вследствие активного освоения АЗРФ, к 2022 году их численность достигла 43. Так, на юге округа хозяйственную деятельность осуществляет ОАО «Газпром нефть», в центральной части — ООО «Роснефть-Пурнефтегаз», на севере и частично на юге — ОАО «Газпром», на востоке — группа независимых производителей газа, входящая в холдинг «НОВАТЭК», включая №НОВАТЭК-ЮРХАРОВНЕФТЕГАЗ».

Негативное влияние на состояние экологии ЯНАО оказывают самые различные факторы, включая воздействие, которое оказывает электроэнергетика, транспорт и газовая переработка. Тем не менее, основным источником деструктивного воздействия на окружающую среду является именно нефтегазовая промышленность, которая ответственна за 80% загрязнений в регионе [54]. Что касается нефтедобычи, то 1 т сырья или 1000 м<sup>3</sup> ПГ всегда сопровождается выбросом в атмосферу загрязняющих веществ в количестве 3,5 кг [43]. Помимо указанного выше, существенная доля выбросов производится в процессе сжигания попутного нефтяного газа в факелах. И, наконец, отходы предприятий отрасли также вносят свой вклад в развитие разрушительных явлений окружающей среды.

## Глава 2 Природно-климатические условия территории Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения

### 2.1 Климат

Юрхаровское НГКМ расположено в Надымском районе в центральной части Ямало-Ненецкого автономного округа в Западно-Сибирской низменности. Сам район охватывает бассейн р.Надым и западную часть Тазовского полуострова.

Данная территория характеризуется суровым резко континентальным климатом, с длительной зимой, коротким летом и межсезоньем. Особенностью является существенный температурный диапазон не только в течение года, но также на временном отрезке в 24 часа.

В среднем, температура воздуха в течение года достигает минус 9,1°С. При этом. В январь, который считается самым холодным месяцем, ее среднее значение минус 27,0°С, а в самом жарком июле – плюс 14,0°С. Абсолютный температурный минимум – минус 58°С, а абсолютный максимум – плюс 30°С. Непродолжительный период без морозов в среднем проходит всего за 85 дней. Первые заморозки наблюдаются в сентябре, последние – в июне [56]. Температурные данные представлены в таблице 1 и отображены на рисунке 2.

Таблица 1

Среднемесячная и годовая температура воздуха за 2021 г., °С

Т, °С	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек	Год
	-27,0	-27,0	-22,1	-13,2	-4,9	5,6	14,0	10,6	4,5	-6,8	-18,6	-23,7	-9,1
Абс. max	-1,0	1,0	2,0	6,0	27,0	32,0	32,0	29,0	23,0	14,0	2,0	1,0	32,0
Абс. min	-53,0	-51,0	-47,0	-41,0	-27,0	-12,0	-1,0	-3,0	-11,0	-33,0	-46,0	-51,0	-53,0



Рис. 2 Среднемесячные температуры воздуха в 2021 г., °С

Регион характеризуется весьма обильным выпадением осадков преимущественно в теплый период (281 мм с апреля по октябрь), в то время как с ноября по март в среднем выпадает в 3,5 раза меньше (порядка 82 мм) (таблица 2).

Таблица 2

Среднемесячная и годовая суммы осадков за 2021 г.

Метеостанция	Средняя месячная и годовая суммы осадков, мм						
	Янв	Май	Июн	Авг	Сен	Окт	Год
Тазовское	25	39	59	61	63	44	452

На открытом участке максимальная высота снежного покрова, который образуется в начале ноября и сходит в июне, сохраняясь 238 дней, составляет около 60 см [57].

Распределение ветра по территории района зависит в основном от циркуляционных факторов. Осенью и зимой преобладают ветры южного (Ю) и юго-западного (ЮЗ) направления, летом и весной чаще других повторяются северные (С) и северо-западные (СЗ) ветры. Средняя годовая скорость ветра достигает 6,3 м/сек, слабые ветры отмечаются во второй половине лета – 5,2-5,4 м/сек [58]. О направлении ветра можно судить по таблице 3, на основании которой построена роза ветров, представленная на рисунке 3.

Таблица 3

Повторяемость направлений ветра и штилей в течение 2021 года, %

Направление ветра	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Дни	14	8	5	13	16	16	13	15	10

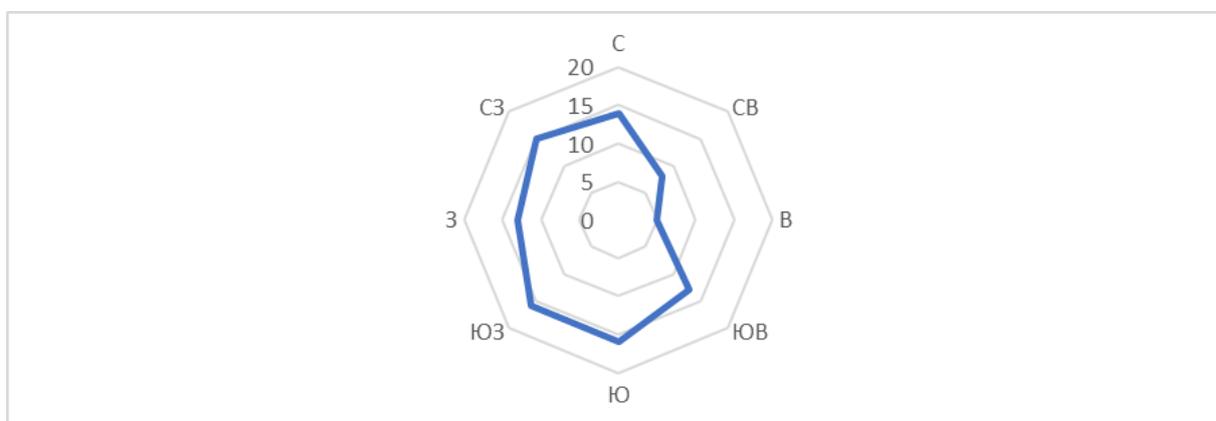


Рис. 3 Роза ветров

Продолжительный десятимесячный период с сентября по май характеризуется возможностью метелей, а также града. Последний вызывается прохождением циклонов, неустойчивостью воздушных масс, а также местными орографическими особенностями.

## 2.2 Гидрологическая характеристика

Район Юрхаровского месторождения по природным условиям находится в зоне тундры Тазовского полуострова, по типу рельефа местности относится к повышенным многоозерным сухим равнинам.

На данной территории наблюдается значительное число рек и оврагов. Их густота составляет 0,4-0,5 км/км<sup>2</sup>. Уровень озерности достигает 11%. Кроме того, существует значительная заболоченность водосборных площадей (до 50-92%) [47].

В границах данного месторождения расположены нижние течения рек Юрхарово, Понуты, Пентыме, Хэбитдяпаета, протока Юн. Основные крупные водотоки сосредоточены на западе и юге территорий.

Гидрография района представлена реками Харальянг, Поерянг, Пойловояха, Хальмерпаета, Танготане, протоками Няхрпьямалто-Парод и Пьемалто-Парод, старицей Пынгартаюн и др., а также большим количеством ручьев без названия и озёр без названия площадью менее 0,5 км<sup>2</sup>, которые полностью замерзают в холодный период года и не всегда оттаивают, а иногда и меняют свое местоположение вследствие таяния почвенного льда.

Водоохранная зона для Тазовской губы установлена, как для моря, – 500 метров, так как Тазовская губа является заливом Обской губы Карского моря между полуостровами Гыданским и Тазовским.

## 2.3 Геоморфологические условия

Данный район, характеризуемый на всем его протяжении наличием вечной мерзлоты, расположен в пределах Западно-Сибирской равнины. Дно равнины со складчатым фундаментом, перекрытым сверху чехлом осадочных отложений морского, ледниково-морского, лагунно-лайдового и аллювиального происхождения. Абсолютные отметки высот низменности не превышают 50 м, возвышенности – 200 м [67].

В геоморфологическом отношении территория Юрхаровского НГКМ представляет собой плоскую равнину, относящуюся к Тазовской губе, которая поднимается над уровнем моря не более чем на 40 м. Абсолютные отметки рельефа колеблются от 11,40 м до 17,55 м.

Широкое распространение имеют различные формы термокарста – озерные впадины и другие отрицательные элементы рельефа. Термокарст представляет собой образование провальных и просадочных форм рельефа (от небольших понижений, блюдец, канав, воронок, западин, до крупных озерных котловин) вследствие вытаивания подземных льдов. На протяжении всей территории тундры встречаются частые озерные котловины, которые чаще всего характеризуются овальной формой и узкими прямолинейными бороздами межблочных понижений.

#### 2.4 Геологическое строение

Геологическое строение Юрхаровского НГКМ представлено двумя структурно-тектоническими этажами. Первый – фундамент, представленный допалеозойскими и докембрийскими метаморфическими породами, второй – платформенный чехол, сложенный терригенными комплексами отложений палеозойского и мезозойско-кайнозойского возрастов.

Особенность этого ареала заключается в сплошном распространении многолетнемерзлых грунтов с мощностью от 200 до 250 м, что существенно превышает зону действия инженерных сооружений, а также присутствием торфов и подземных льдов [6].

В районе месторождения имеют место такие процессы и явления, как болотообразование, сезонное промерзание и оттаивание грунтов, морозное пучение. Территория находится в области сплошного распространения ММГ, что способствует развитию таких опасных геокриологических процессов и явлений, как термокарст, термоэрозия, формирование многолетних бугров пучения и др. [13].

## 2.5 Гидрогеологические условия

Крайне слабое изучение подземных вод Тазовского бассейна связано с его расположением в пределах поясов сплошного и двухслойного распространения многолетнемерзлых пород.

В теплое время года оттаивание грунтов провоцирует рост мощности водоносного грунта, в то время как с наступлением холодов она существенно снижается, нередко до промерзания. Торфы, пески, супеси и суглинки являются водовмещающими грунтами. Инфильтрация атмосферных осадков осуществляет питание водоносного горизонта, разгрузка же производится в ближайшие водосборы, а именно в реки, озера и различные понижения рельефа [20].

Грунтовые воды характеризуются низким уровнем минерализации и залеганием на глубине от 0,0 до 3,0 м.

Рассматриваемая территория находится в области Западно-Сибирского бассейна. В его состав входит верхний гидрогеологический этаж и нижний, в структуре которых наблюдается пять гидрогеологических комплексов, которые, в свою очередь, существенно различаются по многим параметрам, определяющим их химический состав и т.д.

В процессе освоения данной территории необходимо учитывать ее характерные особенности, одной из ключевых является сильное влияние на исследовательские процессы подземных вод, которые находятся в верхнем гидрогеологическом этаже, включающем первый и второй гидрогеологические комплексы. При этом водообмен здесь неоднородный. Чем выше, тем свободнее, но в нижней части является затрудненным. Геологическое строение, геоморфологические и климатические факторы в значительной мере определяют гидрохимический и гидродинамический режимы его вод [31].

## 2.6 Характеристика почвенного покрова

Участок НГКМ находится в зоне плоских песчано-глинистых морских

равнин с интразональными болотно-тундровыми почвами Северо-Сибирской провинции тундровых глеевых, тундровых иллювиально-гумусовых и тундрово-болотных почв фации очень холодных мерзлотных почв зоны тундровых глеевых и тундровых иллювиально-гумусовых почв Субарктики Евразийской полярной почвенно-биоклиматической области Полярного пояса, что отмечается в соответствии со схемой почвенно-географического районирования ЯНАО Тюменской области (приложение А) [68].

Образование криогенных форм микрорельефа (бугорки, кочки, пятна-медальоны) формируют ярко выраженную комплексность и микрокомплексность почвенного покрова.

Исследуемая территория представлена такими почвами, как тундровая остаточная-иллювиально-гумусовая глеевая (на пятнах полигонов) и тундровая иллювиально-гумусовая оподзоленная (в понижениях бугров).

В тундре преобладают кислые и сильнокислые почты, что обусловлено высоким уровнем гидролитической кислотности со степенью насыщенности основаниями 20-70%. При этом, чем севернее рассматриваемая зона, тем меньше уровень кислотности и выше насыщенность основаниями.

Тундровые почвы в основном содержат подвижное железо, которое образовалось из-за того, что процесс оглеения почв проходит интенсивно, а процессы выноса железа развиты слабо [68].

Профиль почв имеет характерное морфологическое строение:

$A_0$  – живая моховая подушка с опадом осоки мощностью 3-6 см;

$T$  – торфяной горизонт мощностью от 20 до 200 см, разделяющийся на несколько слоев по степени разложения растительных остатков: сверху – бурый, слабо-разложившийся торф, затем следует слой коричнево-бурого торфа средней степени разложения и в самом низу – коричневый, хорошо разложившийся, мажущийся слой. В верхней части горизонта много живых корней; переход ясный;

$G'$  – глеевый минеральный горизонт мощностью около 10 см. Пропитан гумусом, грязно-сизого цвета с многочисленными коричневыми и охристыми

пятнами, тяжелосуглинистый, бесструктурный. Иногда встречаются корни; переход заметный;

G" – глеевый тиксотропный горизонт мощностью 10-12 см: сизый, голубоватый или зеленоватый;

BC<sub>g</sub> – переходный горизонт мощностью 20-25 см: оглеенный, грязно-бурый или бурый с сизым оттенком, мерзлый; прослойки льда создают характерный сетчатый рисунок; иногда линзы льда достигают толщины 3-4 см; переход постепенный;

C<sub>m</sub> – почвообразующая порода бурого цвета со слабым сизоватым оттенком, мерзлая.

## 2.7 Растительный и животный мир

Данная территория, находящаяся в южной подзоне субарктических тундр, имеет достаточное разнообразие флоры, в которую входят такие виды как ива (*Salix*), голубика (*Vaccinium uliginosum*), дриада (*Dryas*).

Флора представляет значительное число редких уязвимых для антропогенных нарушений видов, для сохранения которых необходимы специальные меры охраны, исследовательское изучение, а также особые методы взаимодействия во время хозяйственных работ.

Так, к растениям, занесенным в Красную книгу, что произрастают на территории ЯНАО, относятся: пырейник почтиволокнистый (*Elymus subfibrosus*), кастиллея арктическая (*Castilleja arctica Kryl. et Serg.*), ладьян трехнадрезный, или коралловый корень (*Corallorhiza trifida Chatel*), мытник арктический (*Pedicularis hyperborea Vved.*) и синюха северная (*Polemonium boreale Adams*).

Тазовский район обладает богатыми ресурсами полезных растений. Наибольшую ценность для местного населения представляют съедобные растения, в частности ягоды. Наиболее распространенные и урожайные – брусника (*Vaccinium vitis-idaea L.*), морошка (*Rubus chamaemorus*), черника

(*Vaccinium myrtillus*), голубика (*Vaccinium uliginosum*) и клюква (*Oxycoccus*) [22].

Основу животного мира ЯНАО составляют представители арктического (42,6%), транспалеарктического (26,1%) и сибирского (21,7%) типов фауны.

Такие особенности фауны в районах проведения работ, в частности разнообразие наземных позвоночных, стали детерминирующим фактором разнообразного ландшафта, который включает тундровые, болотные и пойменные комплексы.

В соответствии с широтным распространением, выделяют виды насекомых (*Insecta*) и паукообразных (*Arachnida*). К основным группам почвенной мезофауны относятся панцирные (*Oribatei*) (24 вида) и гамазовые (*Gamasida*) (25 видов) клещи, пауки (*Aranei*) (32 вида). Батрахофауны (земноводные) не наблюдается вообще.

Полуостров является место обитания примерно 25 видом пресноводных рыб и 36 видов птиц. На берегах полуострова располагаются птичьи базары: здесь размножается черная казарка (*Branta bernicla*) и гага-гребенушка (*Somateria spectabilis*).

Среди краснокнижных животных, на территории ЯНАО встречаются белый медведь (*Ursus maritimus* (Phipps, 1774)), атлантический морж (*Odobenus rosmarus* (Linnaeus, 1758)) и белуха (*Delphinapterus leucas* (Pallas, 1776)) [1].

Среди представителей позвоночных животных более всего здесь распространены птицы, видовая численность которых достигает 11 постоянных видов, а если учитывать кочующие виды, то их численность превышает 20 видов. К ним относится краснозобая гагара (*Gavia stellata*) и чернозобая гагара (*G. arctica*), шилохвость (*Anas acuta*), краснозобая казарка (*Rufibrenta ruficollis*), тундряная куропатка (*Lagopus mutus*), морянка (*Clangula hyemalis*) и некоторые другие [11].

Некоторые виды птиц, обитающих на территории ЯНАО, занесены как в Красную книгу самого региона, так и в Красную книгу РФ. К ним относятся белая сова (*Bubo scandiacus*), краснозобая казарка, дупель (*Gallinago media*), малый, или тундряной лебедь (*Cygnus columbianus bewickii*), белоклювая гагара

(*Gavia adamsii*), пискулька (*Anser erythropus*), турпан обыкновенный (*Melanitta fusca*) и сапсан (*Falco peregrinus*) [25].

## Глава 3 Источники экологического риска, обусловленные деятельностью Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения

### 3.1 Источники воздействия на окружающую среду территории при строительстве газовых скважин на Юрхаровском участке недр

Как отмечалось в подразделе 1.2, на стадиях геолого-разведочных работ и освоения нефтегазовых месторождений производится бурение скважин, в процессе которого происходит загрязнение окружающей среды, обуславливающее основные экологические риски на месторождениях. Таким образом, основные источники воздействия на ОС при добыче природного газа связаны с обустройством площадок под строительство для бурения скважин различного назначения и их дальнейшей эксплуатацией.

Опираясь на рабочий проект, согласно принятой технологии, к основным источникам загрязнения природной среды при бурении и обустройстве скважин относятся: БР, материалы и реагенты, используемые для их приготовления и обработки; БСВ и БШ; ГСМ; материалы и реагенты для приготовления и обработки тампонажных растворов; пластовые минерализованные воды и продукты освоения месторождения (нефть, минерализованные воды); продукты сгорания топлива при работе двигателей внутреннего сгорания (ДВС); хозяйственно-бытовые стоки и твердые бытовые отходы (ТБО); загрязненные ливневые сточные воды.

Степень воздействия загрязнителей зависит от широкого перечня факторов. Среди них можно обозначить конкретный тип буровой установки, особенности процесса ее инсталляции (в том числе продолжительность), а также структуру скважины и используемый метод бурения. Безусловно, влияние оказывают и природные факторы: природно-климатических условия местности, различные ситуационные и инженерно-геологические характеристики района и гидрогеологическая характеристика водотоков и водоемов и состояние почво-грунтов.

Аварийные нефтегазоводопроявления при бурении скважины потенциально возможны только в случае грубейшего нарушения технологического режима. Для предотвращения таких ситуаций проектом предусматривается установка противовыбросового оборудования, подбираются соответствующие параметры промывочной жидкости, конструкция скважины рассчитывается с учетом возможной необходимости глушения скважины.

Аварийными ситуациями при бурении скважины, наиболее опасными для окружающей среды, являются: взрыв газа, взрыв газораспределительных пунктов и пожар на складе ГСМ. Аварии, произошедшие в прошлые годы, составляют в основном технический риск, который связан с потерей материальных ресурсов, но без угрозы жизни или здоровью работников и местного населения, особенно при условии соблюдения персоналом правил поведения на рабочем месте и техники безопасности, а также использования средств индивидуальной защиты.

В процессе бурения и обустройства скважин может возникать три ключевых класса экологических проблем:

- 1) механическое нарушение почвенного покрова;
- 2) химическое загрязнение окружающей среды;
- 3) нарушение естественного температурного режима.

Таким образом, негативному воздействию подвергаются все ключевые элементы окружающей среды, включая представителей живой и объекты неживой природы.

### 3.1.1 Источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Загрязнение атмосферного воздуха при строительстве скважины осуществляется на следующих этапах работ:

- строительно-монтажные работы;

- подготовительные работы перед бурением, непосредственно само бурение, а также крепление скважины;
- освоение скважины.

Период обустройства скважины сопровождается загрязнением атмосферы в результате выделения следующих продуктов. Это продукты сгорания топлива, углеводороды от емкостей ГСМ и емкостей нефти и баков спецтехники в процессе их заправки топливом, загрязняющих веществ при пылении химреагентов, легкого газа (смесь углеводородов  $C_1-C_5$ ) через дегазатор, а также загрязняющих веществ при сварочных работах.

Процентное соотношение загрязнителей в валовом выбросе (т/год) отражено на рисунке 4.

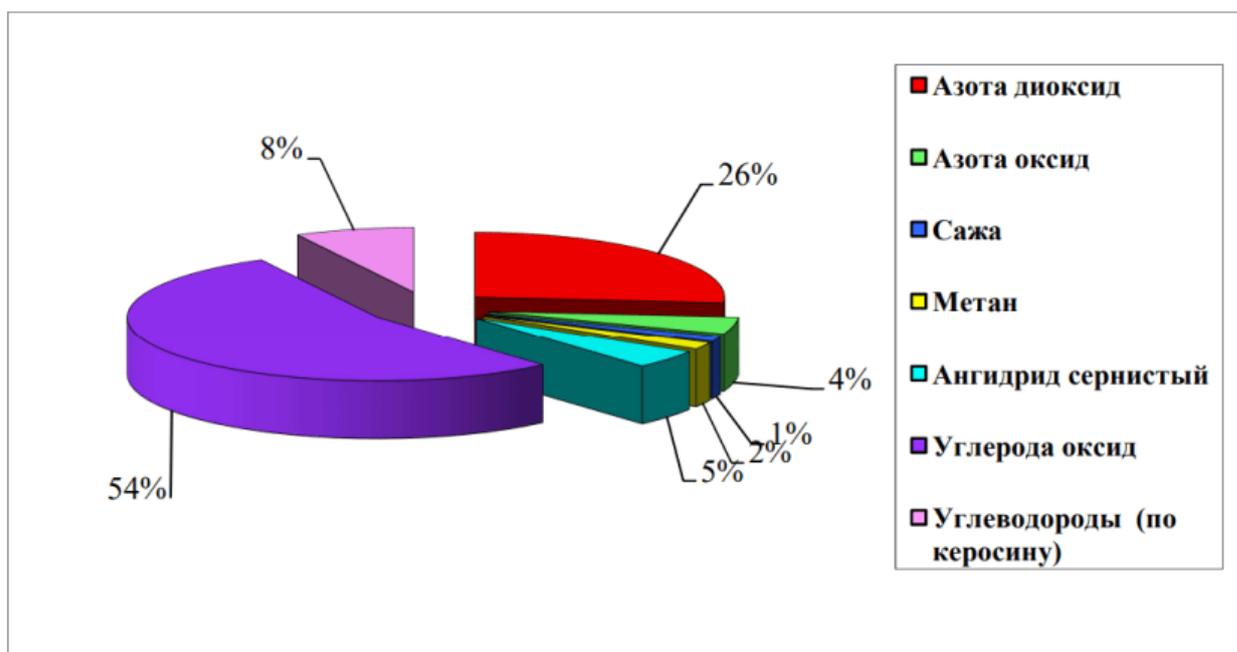


Рис. 4 Распределение загрязняющих веществ в валовом выбросе

При анализе диаграммы выявляется структура выброса загрязняющих веществ в годовом временном отрезке. Преимущественно состав выбросов это оксида углерода ( $CO$ ), керосина, диоксида азота ( $NO_2$ ), сернистого ангидрида ( $SO_2$ ), оксида азота ( $NO$ ), метана ( $CH_4$ ) и сажи ( $C$ ) (более 2%). Графический

материал не учитывает загрязняющие вещества, доля выбросов которых менее 2%.

Очевидно, что степень загрязненности воздуха зависит от того, в каком объеме он получает выбросы, а также от различных метеорологических условий. Например, такие явления как штиль, туман и температурные инверсии являются ингибитором рассеивания загрязняющих веществ, что приводит к их накоплению в нижней части атмосферы.

### 3.1.2 Источники шумового воздействия

Основными источниками шумового воздействия при строительстве скважины выступают:

- буровые установки;
- различная дорожная техника, механизмы и оборудование;
- транспортные средства.

В процессе работ по обустройству скважин растёт риск повышения фонового уровня шума, обусловленный работой всех видов транспорта, самих строительных машин и различных механизмов, а также энергетических установок. Тяжесть и глубина такого воздействия шума на представителей животного мира в основном зависит от шумового воздействия и уровня воздействия звука. Так, основными формами шумового воздействия будут являться эффекты отпугивания и беспокойства животных. А избирательность воздействия на конкретных представителей фауны находится в зависимости от спектрального состава шума.

Среди возможных эффектов можно выделить эффект отпугивания. Он проявляется в случае, когда наблюдается либо нарушение границы верхнего предела допустимого уровня звукового воздействия, либо в случае, когда уровень звука непостоянен и изменяется с течением времени колеблющемся, прерывистым или импульсивным характером.

Напротив, эффект беспокойства достигается тогда, когда ПДУ превышает бесперебойно от фиксированных шумовых источников в октавных полосах частот со среднеметрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц или от постоянных передвижных источников при периодическом звуковом воздействии без превышения ПДУ.

Таким образом уровень звукового влияния рассчитывается на основе шумовых характеристик и режима работы самих источников шума на этапе строительства и эксплуатации скважин.

В соответствии с проектом, общий уровень шума за территорией площадки не должен превышать допустимые нормы. В таком случае негативное влияние на фауну будет ограничиваться лишь зоной превышения фоновых значений уровня шума.

Нестационарные постоянные источники шума, а также шум от движения транспортных средств во время строительных работ будут представлять беспокоящий характер шумового воздействия.

Наиболее подвержены подобному шумовому воздействию, вероятнее всего, будут птицы, питающиеся и гнездящиеся в тундровой среде, вне промплощадок.

### 3.1.3 Источники воздействия на поверхностные воды и водоносные горизонты

Наиболее уязвимыми составляющими природной среды являются поверхностные и подземные воды.

При строительстве горных выработок воздействие на водную среду заключается в следующем:

- возможность загрязнения подземных и поверхностных вод нефтепродуктами, шламом, химическими реагентами, содержащимися в буровых растворах и сточных водах;

- истощение ресурсов подземных вод за счет межпластовых перетоков;
- потребление водных ресурсов для производственных нужд;
- образование отходов производства и от другой, сопутствующей, деятельности.

Существует множество источников загрязнения грунтовых вод, включая сырую нефть, сточные воды, дренаж с ферм, очищающие жидкости, химикаты, используемые в обессоливающем масле [53], и химикаты, используемые в сельском хозяйстве и в химическом производстве. Разливы нефти, пластовые растворы и сточные воды обычно приводят к засолению почв и вод. Они вместе влияют на изменения физических свойств горных пород [39]. Результатом этого являются более низкие температуры замерзания и снижение несущей способности, что может привести к деформациям и разрушению инженерных сооружений. Необходимо учесть, что в холодном климате скорость разложения углеводородов низкая, химические вещества могут быть крайне агрессивными [69], а связанная с ними вода очень минерализована. Это серьезное загрязнение, которое влияет на тепловые свойства горных пород [12].

На Юрхаровском месторождении особым фактором риска загрязнения воды представляются склады горюче-смазочных материалов и химреагентов, поскольку всегда присутствует вероятность утечки нефтепродуктов вследствие различных аварий или нарушений.

Водные объекты подвергаются воздействию с целью удовлетворения широкого ряда антропогенных потребностей. К ним относятся, среди прочего, необходимость в водных ресурсах, использование этих объектов для сброса отходов и сточных вод и др. Что касается поверхностного стока, но на него влияет изменение ландшафта, а также перечисленные выше факторы.

Техногенное воздействие на поверхностные воды чаще всего регистрируется при реализации намечаемой деятельности, что может быть причиной негативных эффектов для общего состояния водной экосистемы и её качества.

Однако в конкретном случае забор воды из водных объектов на территории, характерной особенностью которой является обилие речек и озер, не должно оказать критичного негативного влияния на поверхностные воды.

На этапе бурения наиболее уязвимыми к загрязнениям представляются мобильные компоненты среды, в которых, среди прочего, принято относить воды подземных горизонтов. Ниже перечислены процессы, которые провоцируют их загрязнения:

- поглощение бурового раствора в процессе промывки скважины, и фильтрация его водной фазы в проницаемые отложения;
- нарушение обсадных колонн и цементного камня в заколонном пространстве;
- инфильтрация отходов с поверхности земли из накопителей через почвогрунты и через устье скважины.

#### 3.1.4 Воздействие на ландшафты

Обустройство скважин несет в себе также необходимость изъятия территорий, что может существенно изменить ландшафт. Результатами такой деятельности представляются:

- трансформация рельефа;
- развитие эрозионных процессов;
- загрязнение почв строительными отходами и отходами бурения;
- образование болот;
- трансформация физико-химических свойств почв.

Следует также рассмотреть последствия, когда растительный покров подвергается деструктивному воздействию точечно. Среди изменений можно выделить:

- нарушение сукцессионного процесса фитоценозов;

- сокращение проективного покрытия, прежде всего мохово-лишайникового.

При прогнозировании последствий рассматриваются те тенденции, которые наметились в последние десятилетия. На данный момент наблюдается достаточно активное внедрение синантропных видов в местные биоценозы, а также интенсивно осуществляется процесс олуговения тундры: естественные фитоценозы заменяются злаковыми и травянисто-злаковыми ассоциациями. В настоящее время данный процесс охватил почти весь полуостров Ямал, из-за чего он приобретает глобальный характер.

Вследствие использования территории, ее ландшафт будет значительно трансформироваться, что приведет к следующим последствиям:

- полное уничтожение растительного и почвенного покровов в границах постоянного отвода (территория долговременного пользования);
- образование положительных форм рельефа (сооружение отсыпного основания);
- последствием уплотнения грунтов может стать трансформация гидрологического режима;
- изменение сезонного промерзания-протаивания в результате тепляющего действия отходов бурения.

Данные трансформации опасны не только для экосистемы, то также и для эффективной и безопасной работы инженерно-технических объектов. Торфянистые грунты при оттаивании полностью теряют несущую способность, что может привести к деформации поверхности и сооружений.

Таким образом, в результате механического повреждения, непосредственного влияния отходов бурения и строительства, а также побочных факторов токсичного загрязнения от выбросов автотранспорта происходит качественное изменение химических характеристик почвенного покрова.

### 3.1.5 Источники отходов производства

Отходами производства являются остатки сырья и материалов, которые не могут быть повторно использованы после реализации работ. На всех этапах добычи необходимо особое внимание уделять использованию безопасных и оптимальных методов обработки и утилизации отходов, которые принимают в расчет особенности этих отходов на конкретном предприятии.

Процесс инсталляции скважин сопровождается выбросом отходов и потребления I, III, IV, V классов опасности. При этом, абсолютно все виды отходов подлежат учету.

В данной работе классификация отходов и классы опасности отходов определены (табл. 4):

- по степени воздействия на ОС в соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов (ФККО) [66] – 5 классов опасности;
- по степени воздействия на ОС и здоровье человека в соответствии с СП 2.1.7.1386-03 [55] (исключая взрыво- и пожароопасные отходы и отходы, вызывающие инфекционные заболевания) – 4 класса опасности.

Таблица 4

Классификация опасности отходов по степени воздействия на окружающую среду и здоровье человека

По степени воздействия на окружающую среду		По степени воздействия на среду и здоровье человека	
ФККО		СП 2.1.7.1386-03	
1 класс	Чрезвычайно опасные	1 класс	Чрезвычайно опасные
2 класс	Высоко опасные	2 класс	Высоко опасные
3 класс	Умеренно опасные	3 класс	Умеренно опасные
4 класс	Малоопасные	4 класс	Малоопасные
5 класс	Практически неопасные		

Отходы производства образуются при проведении следующих работ:

- при бурении скважин;
- при монтаже буровых установок;
- при монтаже подсобных установок и коммуникаций, проведении сварочных работ и газовой резе.

Необходимо отметить, что особое влияние оказывают именно отходы бурения, воздействуя на все компоненты окружающей среды.

Отходы, которые формируются в процессе строительства буровых скважины, во избежание негативного воздействия на окружающую среду, должны накапливаться в специально оборудованных местах до передачи лицензированным предприятиям. Виды и количество отходов представлены на рисунке 5.

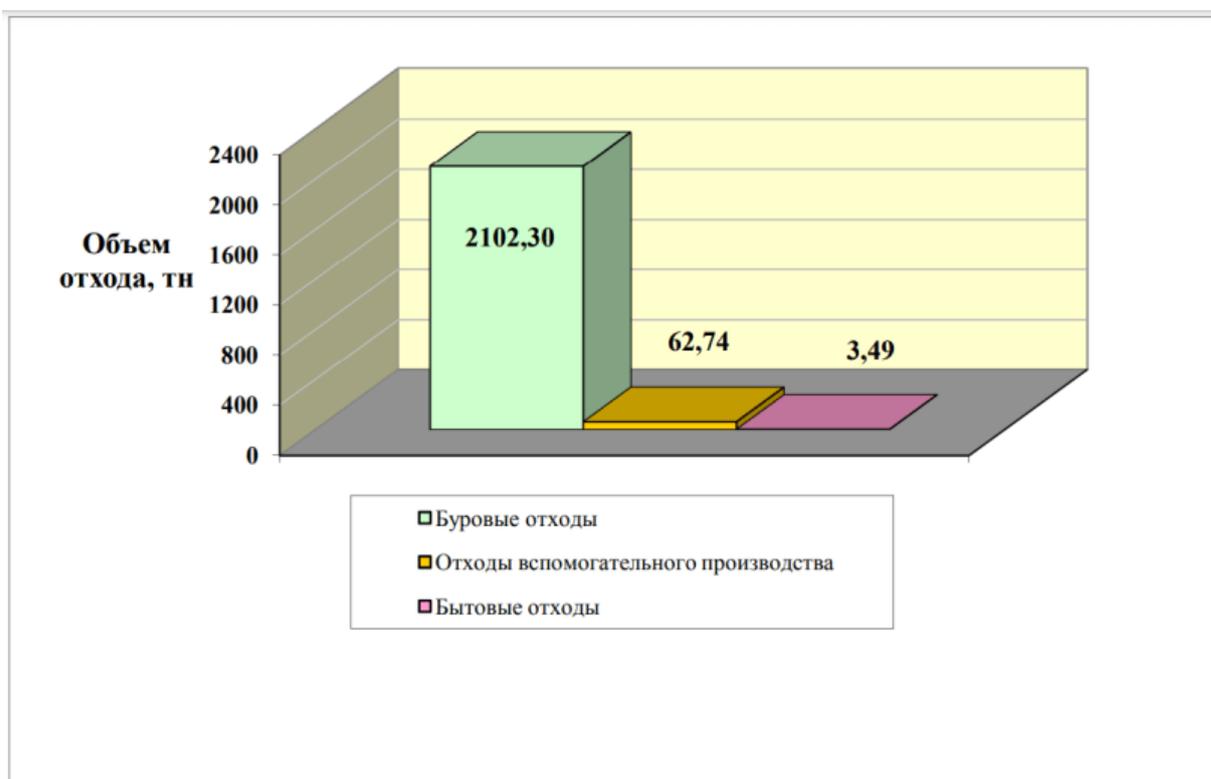


Рис. 5 Объемы образования отходов при бурении скважины

Количественное распределение отходов по способу обращения с ними представлено на рисунке 6.

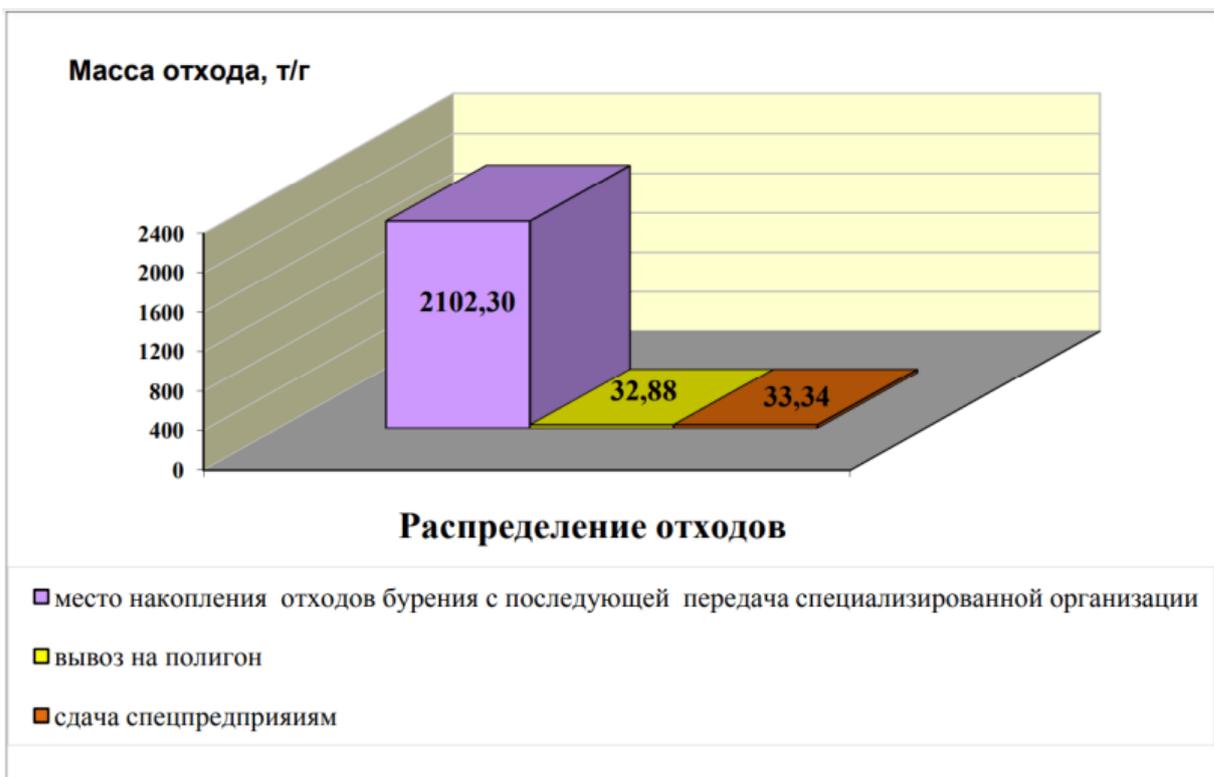


Рис. 6 Соотношение отходов в зависимости от операции обращения

Перечисленные источники негативного воздействия на ОС в процессе добычи природного газа в различной степени оказывают серьезное влияние на геологическую среду. При обустройстве месторождения, строительстве и эксплуатации сооружений оказывают влияние такие воздействия, как изменение снегонакопления, создание насыпных оснований. Учитывая, что участок работ находится в области сплошного распространения ММГ, это может привести к изменению температурного режима многолетнемерзлых пород, глубины сезонного оттаивания и активации криогенных процессов [48].

Также необходимо отметить, что все ожидаемые техногенные воздействия приведут к утрате флористического разнообразия на отведенных территориях.

### 3.2 Источники воздействия объектов газотранспортной системы на окружающую среду Юрхаровского участка недр

При расчете экологического риска необходимо учитывать климатические и рельефные особенности района освоения, поскольку они связаны со специфическими трудностями при прокладывании транспортных путей для осуществления доставки углеводородного сырья от месторождений к пунктам их переработки или потребления [3].

Источники воздействия на различные компоненты ОС, связанные с прокладкой и эксплуатацией газопроводов, условно можно разделить на:

- аварии на газопроводе (например, прорыв трубы, разливы нефти, влекущие за собой загрязнение почв, пластовых и поверхностных вод, атмосферы, а также возгорания и взрывные ударные волны);
- проблемы, возникающие при эксплуатации газопровода в штатном режиме (плановые утечки, нарушение природной среды в зоне, пролегающей вдоль трассы трубопровода, коррозия, изменение геокриологических условий в многолетнемерзлых породах и т.д.).

#### 3.2.1 Источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Источниками выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) на трассе конденсатопровода выступают: вентиляционные трубы производственных корпусов промежуточной насосной станции; мастерские с металлообрабатывающими станками; резервные дизельные электростанции; амбары при испарении и выжигании конденсата; ДВС спецтехники, используемой при прокладке и обслуживании газопроводов; утечки от запорно-регулирующей арматуры; выбросы при продувке; неплотности соединений на

трассах конденсатопроводов, на расширении конденсатопроводов (в точках врезки); аварийные ситуации.

Потери на трубопроводном транспорте имеют местов в резервуарных парках, на насосных станциях и линейной части трубопровода вследствие утечек и испарения.

Аварийные разрывы могут причинить значительный экологический ущерб, поскольку при аварийных разрывах газопроводов возможно распространение токсичного газового облака на значительное расстояние с трудно предсказуемыми экологическими последствиями.

СПГ является криогенной жидкостью, способной вызывать химические «холодные ожоги» при прямом контакте с возможностью летального исхода при продолжительном воздействии. При вдыхании холодных паров могут развиваться серьезные повреждения дыхательных путей и легких.

Подсчитано, что порядка 75% выделяемых предприятиями углеводородов попадает в атмосферу. Это приводит к тому, что на легкие углеводороды (метан-пентан) приходится наибольшая доля выбросов в атмосферу, а их концентрация зачастую превышает предельно допустимые значения. При этом, 20% углеводородов попадает в воду, а 5% в почвы. Разрешенная концентрация составляет диапазон от 2,49 до 43,4 мг/м<sup>3</sup>.

Одним из наиболее опасных загрязнителей атмосферы в этих районах может быть сероводород, который иногда обнаруживается в количествах, превышающих санитарные нормы ПДК [17].

Необходимо отметить, что относительная лесистость определяет самоочищающую способность территории по степени разбавления загрязняющих веществ за счет воспроизводства кислорода. По оценкам, на данной территории лесистость составляет 5%, т.е. является неблагоприятной. Это в очередной раз подчеркивает критичность загрязнения атмосферного воздуха в районах Крайнего Севера в целом и на Юрхаровском участке недр в частности.

### 3.2.2 Источники воздействия на поверхностные воды и водоносные горизонты

В процессе прокладки газопровода нарушаются условия поверхностного и подземного стока, что приводит к негативным последствиям, выражающимся в заболачивании территории, просадке грунта, плоскостном смыве, эрозии и термокарсте [21].

Воздействие на гидросферу на стадии транспортировки углеводородов потребителю наименее опасно при трубопроводном способе, в сравнении с танкерным.

Основным источником воздействия на водную среду и водоносные горизонты в данном конкретном случае могут выступать те же источники, что рассмотрены выше, но их влияние будет не столь существенно.

Тем не менее, серьезное влияние на любые компоненты ОС может быть оказано в случае аварийного разрыва магистрали, т.к. при этом сценарии возможно возгорание. Пожароопасность представляет газопаровое облако, образующееся при разливе СПГ.

Также может быть оказано физическое влияние на водоемы: термическое и вибрационное, что отразится и на состоянии гидробионтов.

Химическое загрязнение вод окажет влияние на:

- скорость процесса протекания химических реакций минеральных и органических веществ;
- характер химических и связанных с ними фазовых превращений веществ;
- степень интенсивности вымывания веществ за пределы данной экосистемы, рассеяния их с поверхностным и подземным стоками.

### 3.2.3 Воздействие газопроводов на ландшафты

Нефтегазоносные области Северных районов подвергаются существенным ландшафтным и антропогенным трансформациям вследствие хозяйственной деятельности. Значимым воздействием обладает строительство магистрали. В результате таких воздействий возникают схожие процессы, что и при освоении скважины:

- сокращение проективного покрытия мхами и нарушение почвенного покрова;
- образование положительных форм рельефа при формировании отсыпных оснований;
- трансформация гидрологического режима вследствие уплотнения грунтов;
- изменение сезонного промерзания-протаивания в результате тепляющего действия трубопроводов.

По статистике, воздействие на почву проезжающих транспортных средств, а также прокладка дорог и газопроводов провоцируют до 80% от всех разрушений растительного покрова почвы на Ямале [17].

На газопроводах Уренгой-Помары-Ужгород, Уренгой-Надым-Пунга, Ямбург-Елец и на межпромысловых газовых коллекторах на Уренгойском и Медвежьем газовых месторождениях был выполнен ряд геокриологических исследований [10]. Результатом этих исследований стало выявление того факта, что вследствие оттаивания многолетнемерзлого грунта у труб газопровода, образуется термокарст, который, в свою очередь, приводит к обводнению грунтов и стимулирует эрозию, которые разрушают поверхностный слой земли.

В свою очередь, это влечет вынос мелкозема, образованного после оттаивания мерзлых грунтов, и способствует разуплотнению и смещению вниз обваловки труб. В результате всех этих процессов трубопровод может терять устойчивость на многих участках.

Широкая диверсификация природных процессов, свойственных району Крайнего севера, обусловлена многолетнемерзлыми породами, которые

оказывают существенное влияние на фактически всю экосистему региона. При этом, они весьма неустойчивы и уязвимы перед любыми нарушающими естественные природные условия процессами. Поэтому существует острая необходимость принимать во внимание все факторы, воздействующие на многолетнемерзлые породы, при транспортировке углеводородного сырья на территории ЯНАО [9].

Таким образом, источники воздействия, связанные с прокладкой и эксплуатацией газопроводов, являясь потенциально опасными в экологическом отношении объектами, могут негативно воздействовать на все основные компоненты окружающей среды. При этом, их значительное влияние сказывается именно на изменении ММП.

Геоэкологические риски в системе «газовая отрасль – окружающая среда» наиболее резко выразились на севере Тюменской области, где сложилась достаточно мощная и сложная газотранспортная система. Многие участки магистральных газопроводов, в том числе и участки, к которым подведён газопровод Юрхаровского НГКМ, из-за различных причин способствовали деградации многолетнемерзлых грунтов и активизации эрозионных процессов.

Одной из причин такого влияния явился непроектный тепловой режим эксплуатации газопроводов. К Юрхаровскому месторождению подведен магистральный газопровод (МГ) протяжённостью 51 км (соединяется с МГ Ямбург-Уренгой). Для подключения к МГ температура газа в точке подключения должна находиться в диапазоне от 0°C до минус 2°C. По этой причине необходимо поддерживать температуру на выходе установки комплексной подготовки газа не выше плюс 5°C, но эта температура составляет, в зависимости от времени года, от плюс 8°C до плюс 12°C. Для достижения цели производится охлаждение газа [72].

При проектировании магистрального газопровода, значительная часть которого проходит в вечномёрзлых грунтах, было установлено постоянное охлаждение газа до показателей температуры, близких к температурам грунта: от 0°C до минус 2°C. Фактически, в течение многих лет его эксплуатировали без

станции охлаждения газа (СОГ). Уренгойская СОГ по технологическим причинам не охлаждала весь поток газа до отрицательных температур, поскольку после смешивания холодного газа с основным теплым потоком его температура летом в начале участка составляла плюс 10-14°C.

Непроектный тепловой режим эксплуатации газопроводов привел к деградации вечномерзлых грунтов, разрушению грунтов обваловки, активизации эрозионных процессов, нарушению стока поверхностных вод и, как следствие, к потере устойчивости газопроводов (оголению, выходу из траншеи, образованию арок и т.д.). Характерный вид нарушений проектного положения газопроводов показан на рисунке 7. Пример фактического распределения потерявших проектное положение участков по трассе показан на рисунке 8 [41].



Рис. 7 Нарушения проектного положения газопроводов из-за растепления многолетнемерзлых грунтов

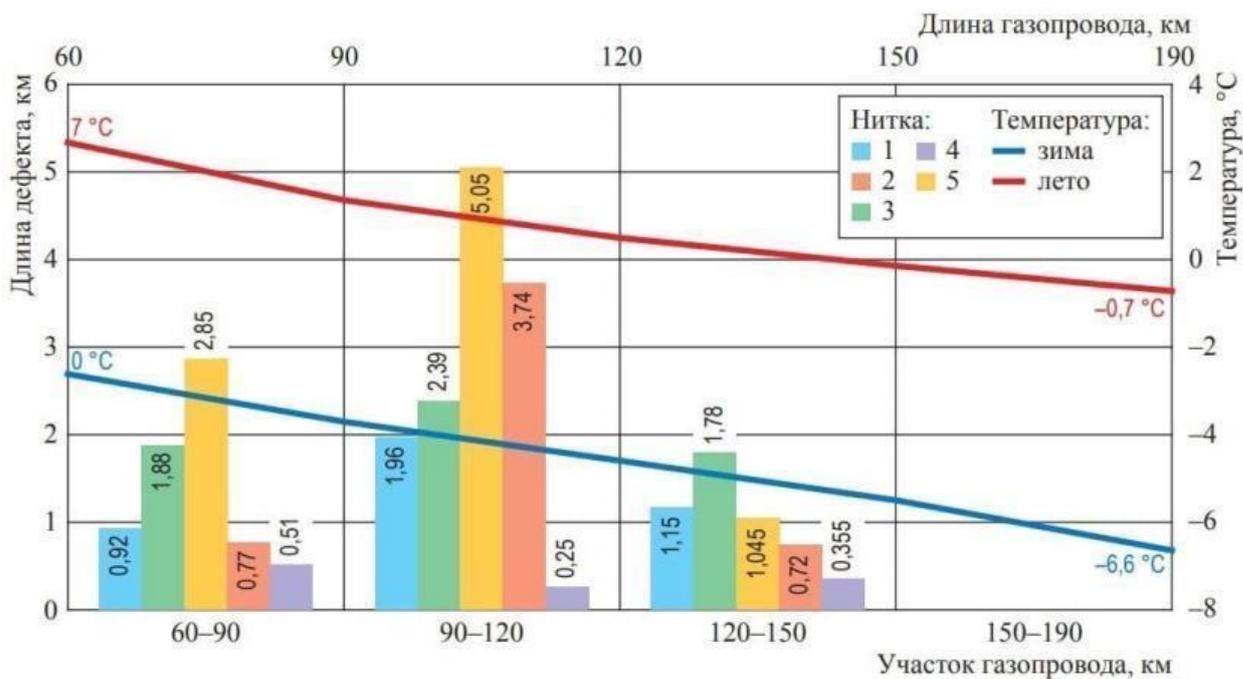


Рис. 8 Фактическое распределение потерявших проектное положение участков по трассе газопровода

Изменение глубины оттаивания вечномёрзлых грунтов по длине газопровода на участке компрессорная станция (КС) «Ямбургская» – КС «Ныдинская» отражает рисунок 9.

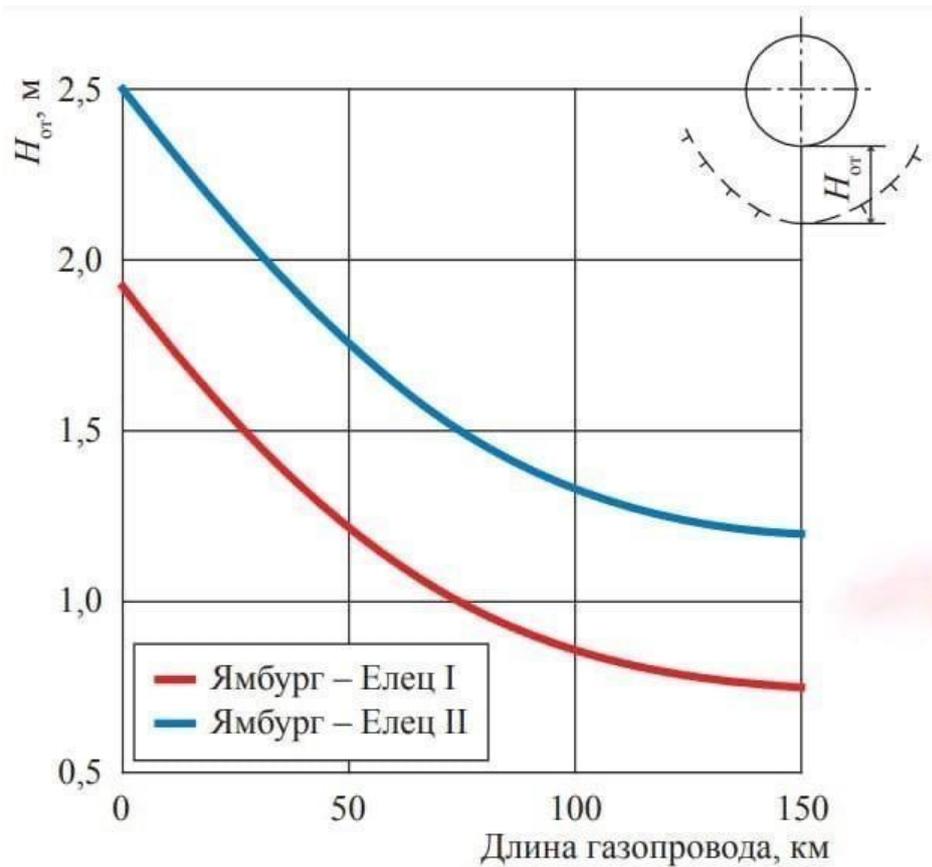


Рис. 9 Изменение глубины оттаивания вечномёрзлых грунтов по длине газопровода на участке КС «Ямбургская» – КС «Ныдинская»

Данные материалы демонстрируют, что в начале участка допускалась плюсовая температура газа в трубах, что влекло за собой оттаивание вечномёрзлых грунтов. В то же время, ближе к концу участка, после 150 км такое оттаивание не наблюдалось.

## Глава 4 Оценка экологических рисков воздействия на окружающую среду Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения

### 4.1 Результаты оценки экологических рисков воздействия на окружающую среду строительства газовых скважин

Для проведения оценки экологического риска анализируется вероятность появления обратимых и необратимых реакций экосистемы на воздействие человеческого фактора [30]. Это предполагает необходимость исследования источников, способных нанести вред и угрожать безопасности, а также оценку мероприятий с целью возможного предотвращения вредных последствия. В главе 1 указано, что сам риск определяется по-разному. Учитывая это, методы оценки риска могут различаться и определяются самим понятием риска [37].

Основной целью магистерской работы, как показано во введении и главе 1, является геоэкологическая оценка риска добычи и транспортировки природного газа. В работе рассматривается вероятность проявлений опасных природных (криогенных) процессов, которые воздействуют на экосистему, отдельные компоненты природной среды и природно-технические системы в криолитозоне (части земной коры, сложенной многолетнемерзлыми породами). В области вечной мерзлоты эти воздействия сказываются особенно остро, угрожая как самой литосистеме, так и инженерным сооружениям.

Учитывая, что участок работ находится в области распространения многолетнемерзлых грунтов, хозяйственная деятельность может привести к изменению температурного режима ММП, глубины сезонного оттаивания и активации криогенных процессов как при добыче природного газа Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения, так и при его транспортировке.

Оценка геоэкологических рисков в газовой отрасли включает оценку воздействия на окружающую среду каждого из объектов, составляющих эту отрасль, что демонстрируется на рисунках 10, 11 и 12 [51].

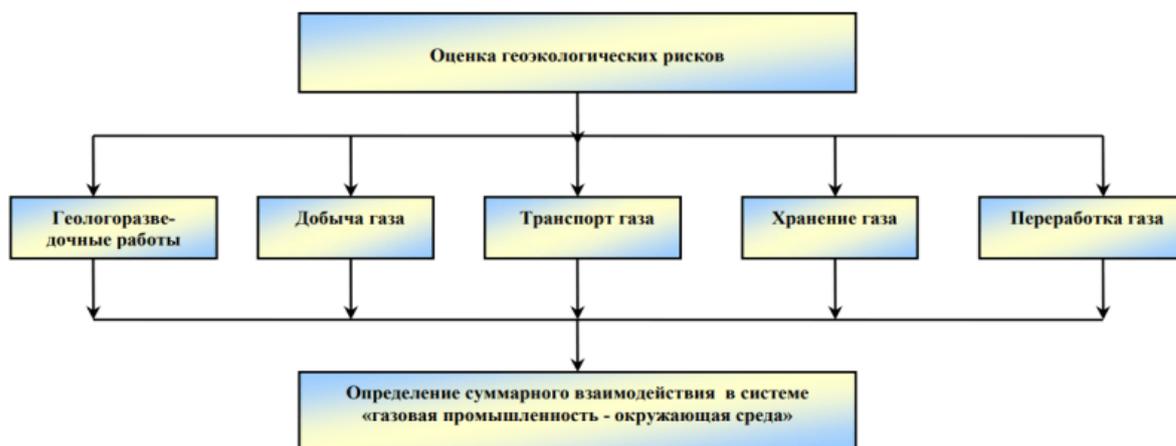


Рис. 10 Состав исследований при оценке геозкологических рисков газовой отрасли

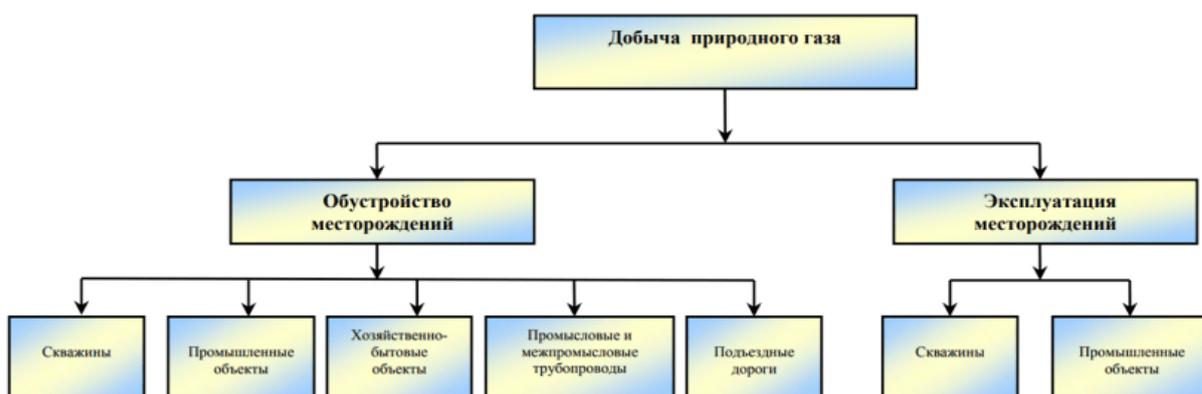


Рис. 11 Структура оценки геозкологических рисков при добыче природного газа

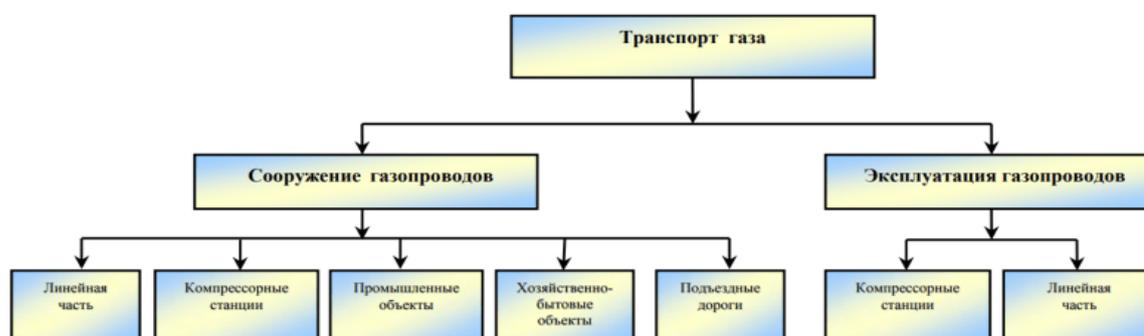


Рис. 12 Структура оценки геозкологических рисков при транспортировке природного газа

Поскольку деятельность предприятия осуществляется в АЗРФ, наиболее очевидным становится экологический риск именно для ММП. На этот вид риска делается упор в данной работе, поскольку охватить все объекты ОС в рамках диссертации невозможно, а данное направление можно по праву считать приоритетным.

В связи с этим, оценка геоэкологических рисков в криолитозоне направлена на исследование изменения геокриологических условий и проявлений опасных природных (криогенных) процессов. В основу оценки положены различные методы, в том числе и расчётно-графические, которые позволяют прогнозировать динамику опасных криогенных процессов, характерных для данного района, изменение параметров многолетнемерзлых пород в связи с нарушением природных условий и во взаимодействии с проектируемыми инженерными сооружениями [30].

Первоочередной задачей в процессе оценки риска является идентификация опасности, которая включает сбор и оценку данных, что было произведено в предыдущих главах.

Инженерные сооружения, входящие в комплекс инфраструктуры, необходимой для функционирования скважин при добыче природного газа на месторождениях, оказывают значительное влияние на окружающую среду, которое выражается, прежде всего, в изменении теплового состояния многолетнемерзлых грунтов, как в процессе строительства, так и при эксплуатации сооружений. Это может явиться причиной активизации опасных криогенных процессов.

Основным инженерным сооружением при добыче природного газа на месторождениях являются горные выработки (добывающие скважины). Однако и на этапе строительства данной инфраструктуры, и на этапе использования в северных районах возникают проблемы, обусловленные отрицательным влиянием на мерзлые породы температуры проходящих по ним жидкими и воздушными массами различного состава. Из-за плюсовых температур происходят протаивание всей мощности мерзлой толщи и осадка почв [34].

Протаивание грунта вблизи скважин оказывает влияние на ММП, величина которого зависит от размеров ореола оттаивания ММП, формирующегося вокруг выработки за период ее эксплуатации [19].

Формирование ореолов протаивания мёрзлых грунтов вокруг стволов скважин является одной из серьезных проблем при строительстве скважин в районах распространения ММП, их развитие может периодически приводить к возникновению аварийных ситуаций на объектах газового комплекса с различными тяжелыми последствиями, в том числе и экологическими [44]. Изменения в температурном режиме ММП и формирование ореолов протаивания мёрзлых грунтов вокруг стволов скважин могут стать причиной деформации конструкции скважины и положить начало термокарстовым процессам на сопредельных участках вследствие нарушения устойчивости многолетнемерзлых пород.

Основная доля продуктивных залежей, преимущественно пластово-садового типа, Юрхаровского месторождения, площадью около 260 км<sup>2</sup>, на самом деле, занимает довольно небольшой ареал [32].

Залежи газа объединены в 7 эксплуатационных объектов. Ведущими объектами добычи являются валанжинские залежи (IV–VI), которые составляют 75 % всех запасов Юрхаровского месторождения.

Как видно из рисунка 13, эксплуатационное бурение на НГКМ осуществляется с помощью наклонно-направленных и горизонтальных скважин значительной глубины.

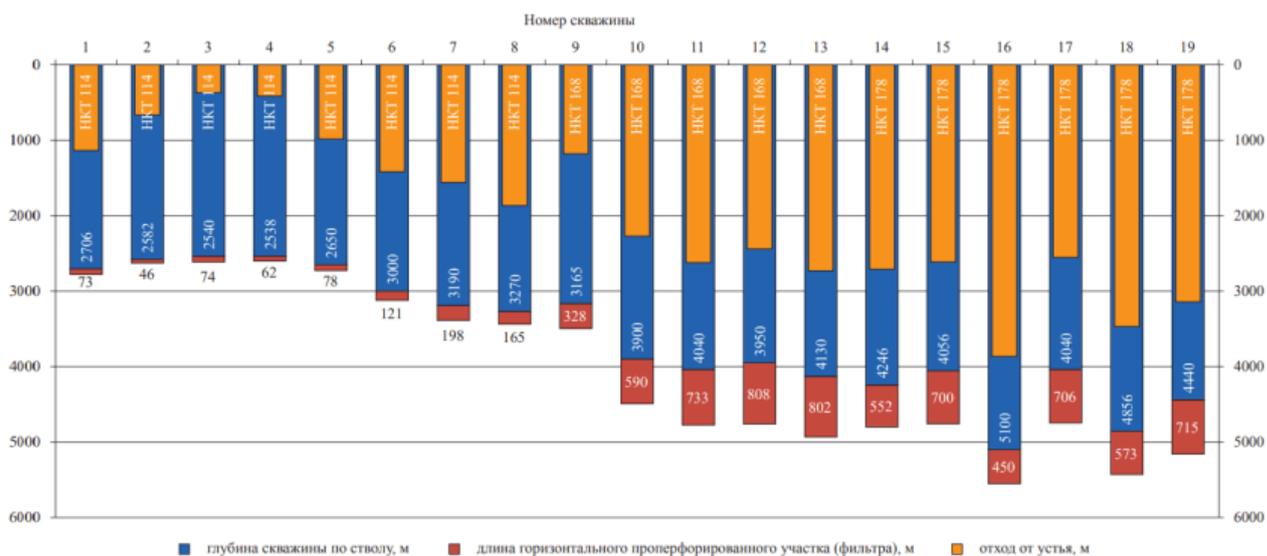


Рис. 13 Глубина скважин по стволу, длина горизонтального участка, отход от устья по всем скважинам месторождения

Большое количество скважин, их значительная глубина с учетом длины горизонтальных перфорированных участков, суммарная площадь выработки свидетельствуют о большом риске формирования ореолов протаивания, которые способны привести к изменению ландшафта, дальнейшему растеплению грунта, а также повысить вероятность обрушения технических сооружений.

Также в пределах площадок строительства находятся и другие сооружения, в том числе, жилые здания (для проживания в течение необходимого срока буровых бригад и другого рабочего персонала), которые оказывают тепловое воздействие на ММП, активизируя геокриологические процессы.

Для определения воздействия сооружений на ММП производят прогнозную оценку, используя расчёты ореолов протаивания мёрзлых грунтов вокруг стволов скважин, расчёт чаши оттаивания в многолетнемерзлых породах площадки [19].

## 4.2 Результаты оценки экологических рисков воздействия на окружающую среду объектов газотранспортной системы

Транспортировка газа с Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения будет осуществляться по магистральным газопроводам, входящим в газотранспортную систему севера Тюменской области. К месторождению подведены магистральный газопровод (МГ), который соединяется с МГ Ямбург-Уренгой-Сургут, как показано на рисунке 14. Данная система предназначена для транспортировки газа с северных месторождений и южных границ Тюменской области.



Рис. 14 Магистральные газопроводы в ЯНАО

Один из участков магистрального газопровода проходит по территории Сургутского района, и экологический риск при взаимодействии газопроводов с окружающей средой исследуемой территории определяется геокриологическими условиями и проявлением опасных природных (криогенных) процессов, что может нарушить существующее экологическое равновесие природной обстановки данного региона.

В соответствии с общим геокриологическим районированием Западно-Сибирской плиты, трасса с севера на юг пересекает следующие геокриологические области: Надым-Пуровскую, Сибирско-Увалистую, Назым-Среднеобско-Вахскую и Тазовскую. По сложности и уникальности геолого-географических условий эта часть трубопроводной системы, проходящая по многолетнемерзлым грунтам, взаимодействуя с различными природно-территориальными комплексами (ПТК) различных физико-географических зон и подзон, не имеет аналогов в мировой практике [60].

Трассы «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» взаимодействуют с природно-территориальными комплексами различных физико-географических зон и подзон (рисунок 15), а именно: подзоны южной тундры (от 0 до 130 км), подзоны северной лесотундры (от 130 до 165 км, приблизительно до Северного Полярного круга), подзоны южной лесотундры (от 165 до 220 км), подзоны северной тайги (от 220 до 226 км трассы «Ямбург-Уренгой» и от 0 до 340 км трассы «Уренгой-Сургут», приблизительно до Сибирских Увалов) и средней тайги (от 340 до 697 км).

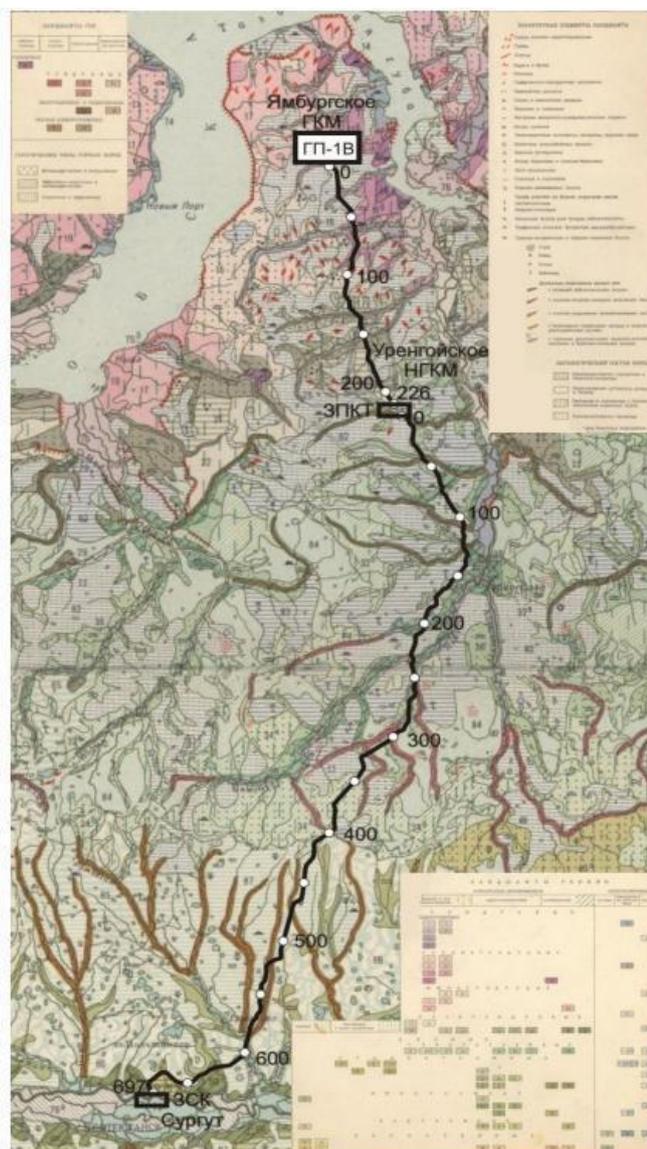


Рис. 15 Трасса конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» на карте ландшафтов Западно-Сибирской равнины

Крайне важно заметить, что обводненные участки присутствуют на протяжении всей магистрали, начиная с её первых километров. Причиной резкого сокращения числа обводненных участков трасы на 190-226 км является развитие малольдистых супесчано-песчаных отложений в основании конденсатопроводов. Однако под озёрками в любом случае развиваются ореолы протаивания, в пределах которых трубы взаимодействуют с сезонно-талыми, а также многолетне-талыми грунтами оснований. На необводненных участках трасы можно наблюдать постоянное либо сезонное смерзание труб с

вмещающими многолетнемерзлыми породами. Именно чередование таких разнородных участков трассы считается весьма неблагоприятным для безопасной эксплуатации конденсатопровода «Ямбург-Уренгой».

Грунты, находящиеся в основании конденсатопроводов являются льдистыми, высокопучинистыми и сильнопросадочными. Сложность обеспечения надежной эксплуатации магистрали состоит в том, что очень тяжело найти общий подход к такому многообразию экзогенных факторов. Так, отрицательные температуры перекачиваемого углеводорода, которая является относительно благоприятной на низкотемпературной мерзлоте, на талых речных поймах будет усугублять все процессы неравномерного морозного пучения, что крайне опасно для всех видов трубопроводов и может вызвать чрезвычайную ситуацию техногенного характера.

С целью прогнозирования динамики опасных криогенных процессов, характерных для данного участка, в работе производится прогнозный расчёт возможности развития морозного пучения, которое представляет особую опасность.

Морозное (криогенное) пучение представляет собой процесс увеличения объёма и деформирования дисперсных грунтов в условиях промерзания и образования положительных (выпуклых) форм на поверхности этих грунтов. Данное явление происходит из-за расширения грунтовой влаги при фазовом переходе воды в лёд и обратно и разуплотнения скелета грунта. Что касается наиболее уязвимых перед рассмотренным явлением почв, то к ним относят пылеватые грунты. Причина их уязвимости в том, что эти грунты являются влагоудерживающими и влагонепроводящими. В результате, когда они промерзают, движения грунтовой воды провоцируют создание подземного льда, что, в свою очередь, приводит к относительному иссушению минеральных агрегатов. В то же самое время, дисперсные грунты, включая песчаные, из-за преобладания в них свободной влаги, менее подвержены пучению.

В естественной среде морозное пучение возникает двух типов: сезонное и многолетнее. Первое представляет собой процесс, когда промерзают ежегодно

оттаивающие приповерхностные слои грунта. В процессе сезонного морозного пучения наблюдаются гидротермические деформации поверхности грунта, заключающиеся в поднятии зимой и опускании летом с амплитудой в несколько сантиметров; деформация вспучивания поверхности грунта диаметром приблизительно в 1 м и высотой в первые 10-40 см, называемая пучиной; совсем мелкие бугры пучения с ледяным или льдистым ядром диаметром не более 10 м и высотой до 1-2 м. При разрушении форм микрорельефа, которое преимущественно образуется в летний период, часто происходит выделение воды или разжиженного переувлажнённого грунта.

Второй тип, многолетнее морозное пучение, проявляется, когда происходит новообразование толщ мёрзлых пород.

Вообще, рассмотренное явление представляет собой одно из ключевых препятствий при освоении территорий. В качестве примера можно привести ситуацию, когда положительные формы рельефа, являющиеся следствием морозного пучения, быстро разрушаются с изменением условий теплообмена на поверхности в процессе освоения.

Пучение грунта происходит в результате увеличения объема воды при замерзании, но в большей степени в процессе ее миграции к фронту промерзания. Интенсивность миграции зависит от начальной влажности, гранулометрического состава грунта (содержания пылеватых частиц и агрегатов), расклинивающего давления связанной воды, градиента температуры (чем он меньше, тем активнее миграция), скорости промерзания, состава обменных катионов и других факторов. В практике изысканий из всех факторов выбираются (учитываются) ведущие – гранулометрический и минералогический состав (глинистых минералов), начальная влажность, мощность слоя промерзания (путь миграции). Расчетным путем прогнозируются вероятность возникновения пучения, пучинистость грунтов по гранулометрическому составу, величина пучения.

Геологическое строение исследуемого участка характеризуется значительной неоднородностью геологического разреза и практически

повсеместным наличием в верхней его части озёрно-ледниковых и аллювиальных отложений, в которых преобладающую роль играют песчано-глинистые, болотные и техногенные грунты, что предполагает развитие в них морозного пучения [48].

Прогнозный расчёт возможности развития криогенных процессов для одного из участков газопровода проводился на основе данных инженерно-геологических изысканий на территории Сургутского района по трассе газопровода Уренгой – Челябинск (Инженерно-геологический разрез участка).

Основание разреза, изображенное на рисунке 16, представлено слоем текучего и текуче-пластичного суглинка (ИГЭ)-3е и 3д), видимой мощностью до 2,5 метров. Выше залегает мягкопластичный суглинок (ИГЭ-3г), мощностью до 2 метров. В пределах скважин 1104 (правее на рисунке) и 4230 над суглинком вскрыта линза песка (ИГЭ-4а), мощностью 0,5 метра. Выше по разрезу следует слой супеси (ИГЭ-2в и 2б), мощностью до 1 метра. В пределах скважин 1104-4035 супесь перекрывается техногенным грунтом (ИГЭ-t), мощностью 0, 5 метра.

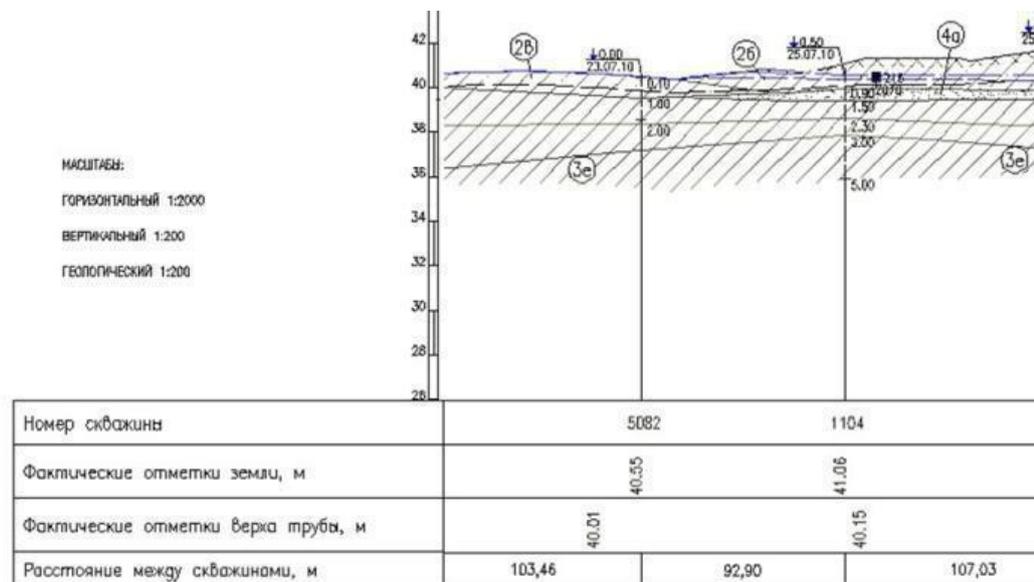


Рис. 16 Инженерно-геологический разрез участка газопровода

Для оценки вероятности криогенного пучения производился расчёт влажности вероятности (порога) пучения ( $W_{п.п.}$ ). Необходимые для расчёта данные представлены в таблице 5.

Образующийся у фронта, при определённом темпе промерзания, который необходим для нарушения изначальной плотности скелета грунта (определяющийся водными свойствами пород и температурными условиями на поверхности почвы) минимум кристаллов льда определяет уровень влажности порога пучения.

Порог пучения глинистого грунта достигается при определенной суммарной влажности ( $W_{п.п.}$ ), превышающей естественную влажность грунта ( $W_e$ ).

Для определения влажности порога пучения используется формула: [26]:

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

где:

$W_w$  – влажность за счет незамерзшей воды;

$$W_{кр} = 0,91 W_{п.п.};$$

$W_{п.п.}$  – полная молекулярная влагоемкость, находится по формуле:

$$W_{п.п.} = W_e / S_r,$$

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 для расчета влажности порога пучения

№ скв.	ИГЭ	Показатели свойств грунтов				
		We влаж. естеств., д.е.	W <sub>кр</sub> влаж. На границе раскатыв., д.е.	W <sub>w</sub> влаж. за счет незамерзш . воды, д.е.	S <sub>г</sub> коэф. водонасы щ.	ρ плотность грунта, г/см <sup>3</sup>
5081	3г	0,261	0,158	0,084	1	2,01
4035	2б	0,195	0,168	0,038	0,97	2,07

1)  $W_{п.п.} = 0,084 + 0,5 * ((0,91 * (0,261/1)) - 0,084) = \mathbf{0,16076}$  – суммарная влажность для скважины № 5081;

2)  $W_{п.п.} = 0,038 + 0,5 * ((0,91 * (0,195/0,97)) - 0,038) = \mathbf{0,11047}$  – для скважины № 4035.

Таким образом, естественная влажность на обоих участках превышает влажность порога пучения (для скважины № 5081 в 1,6 раз, для скважины № 4035 в 1,8 раз), следовательно, будет происходить морозное пучение.

Также существуют и другие способы оценки пучинистости грунтов. В данной работе применен графический метод оценки пучинистости по гранулометрическому составу.

Суть графического метода оценки заключается в построении интегральной кривой однородности грунта, после чего производится её анализ. Известны 5 зон, в которые может попасть кривая: 1А, 1, 2, 3 и 4. Если кривая попадает во вторую, третью или четвёртую зону, то грунт считается непучинистым; график, расположенный в зоне 1 или пересекающий левые границы зон 2, 3 или 4, свидетельствует о возможности морозного пучения; грунт, у которого график находится в зоне 1А, является слабопучинистым [62].

Данные по гранулометрическому составу грунтов по скважинам приведены в таблице 5.

Таблица 5

Гранулометрический состав грунтов

Граничные размеры фракций	Скв. № 5081	Скв. № 4035
d, мм	Содержание фракций, %	Содержание фракций, %
0,005	6,8	3,2
0,01	5,9	3,3
0,05	33,4	28,4
0,1	34,3	46,7
0,25	18,1	16,3
0,5	1,5	2,1
1	0	0

По таблице 5 построена вспомогательная таблица 6, необходимая для построения интегральной кривой [33].

Таблица 6

Вспомогательная таблица

Граничные размеры фракций	Скв. № 5081	Скв. № 4035
d, мм	Содержание по массе, %	Содержание по массе, %
0,005	6,8	3,2
0,01	12,7	6,5
0,05	46,1	34,9
0,1	80,4	81,6
0,25	98,5	97,9
0,5	100	100

Интегральные кривые однородности грунта для двух скважин приведены на рисунке 17.

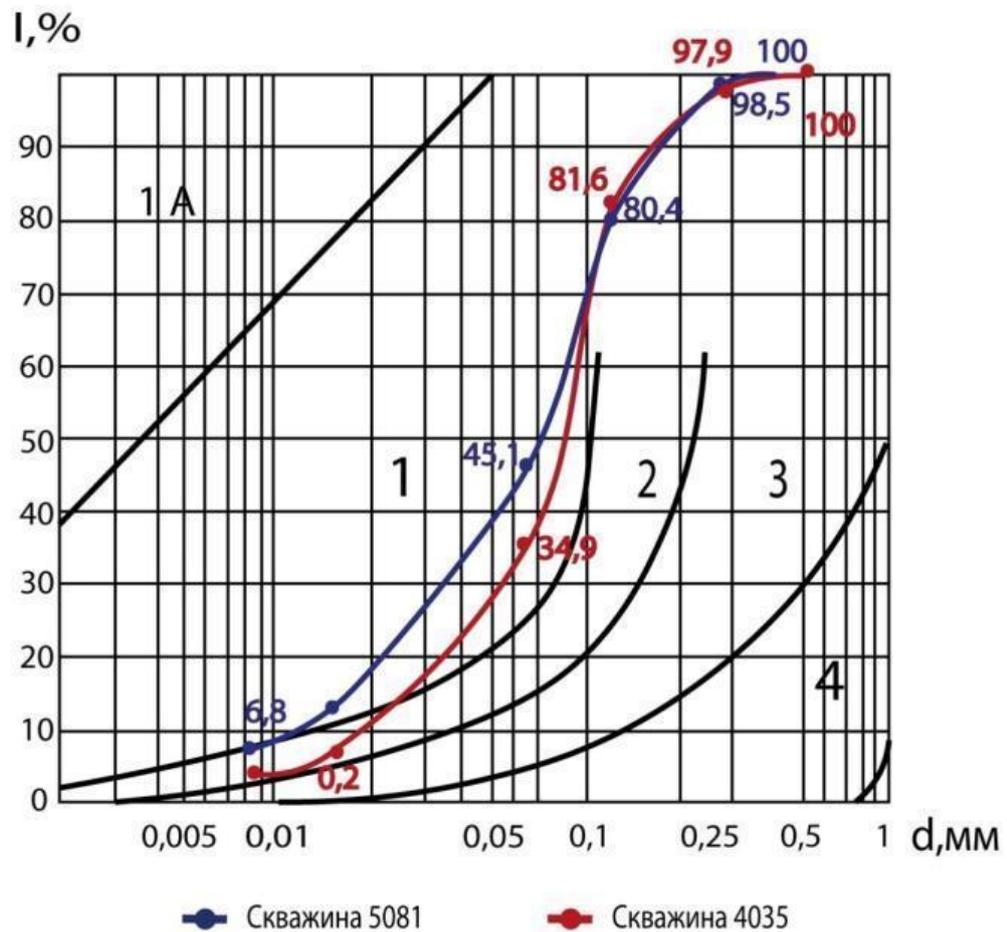


Рис. 17 Интегральные кривые однородности грунта для скважины № 5081 и № 4035

Как видно, для обеих скважин график однородности грунта находится преимущественно в зоне 1 и пересекает левую границу 2 зоны, то есть находится в зоне возможного морозного пучения, что еще раз подтверждает высокую вероятность развития этого криогенного процесса.

## Глава 5 Мероприятия по снижению экологических рисков, обусловленных деятельностью Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения

### 5.1 Анализ возможных мероприятий для предотвращения и снижения возможного негативного воздействия объектов добычи и транспортировки природного газа на окружающую среду

На сегодняшний день существует множество различных мероприятий, в том числе комплексных, для предотвращения и снижения НВОС от газодобывающих предприятий. В данной главе представлены некоторые из них, универсально применимые к разным объектам добычи и транспортировки ПГ, расположенным не только в Северных регионах.

Так, для регулирования интенсивности выбросов или снижения концентрации загрязняющих атмосферный воздух веществ обычно применяют следующие приемы:

- 1) очистка отходящих газов;
- 2) перемещение источников;
- 3) замена топлива;
- 4) улучшение практики обслуживания;
- 5) закрытие предприятия;
- 6) рассеивание.

Если на предприятии используются эффективные системы предотвращения образования ЗВ, то нет необходимости в создании газоочистных сооружений – высоких дымовых труб для рассеивания выбросов и разбавления до приемлемых концентраций. По этой причине, прежде чем останавливать свой выбор на определенном методе предупреждения загрязнений, необходимо комплексно проанализировать ситуацию. Так, например, необходимо определить, можно ли вообще избежать использования конкретного загрязнителя в производственном процессе или снизить его

образование, а также другие вопросы, которые могут помочь повысить экологическую безопасность предприятия превентивными мерами. Если же загрязнение неизбежно, следует выбирать наиболее эффективный способ очистки.

В первую очередь, производится очистка от сероводорода и сероорганических соединений, поскольку большинство из них отличается высокой токсичностью. Существует две основные группы методов очистки газов от  $H_2S$ :

- сорбционные методы;
- методы каталитического окисления вентиляционных выбросов.

Очистка от диоксида углерода производится такими методами, как:

- 1) абсорбционные, основанные на достаточно хорошей растворимости диоксида углерода в полярных растворителях (вода, метанол);
- 2) хемосорбционные, основанные на химическом связывании  $CO_2$  при взаимодействии газов с соединениями щелочного характера (щелочь, этаноламины, растворы карбонатов);
- 3) адсорбционные, основанные на адсорбции диоксида углерода различными адсорбентами (например, цеолитами);
- 4) каталитическое гидрирование.

Если рассматривать методы защиты водного бассейна от промышленных загрязнений, то можно выделить несколько способов сокращения количества загрязненных сточных вод, которые представляют из себя:

- 1) разработку и внедрение безводных технологических процессов;
- 2) усовершенствование уже функционирующих процессов;
- 3) разработку и внедрение наиболее совершенного оборудования (применение наилучших доступных технологий (НДТ), с учетом современного отечественного и зарубежного опыта);
- 4) использование аппаратов для воздушного охлаждения;

5) повторную реализацию очищенной сточной воды в замкнутых оборотных системах.

Среди возможных мер по уменьшению сбросов является оборотное водообеспечение, которое позволяет повторно использовать водные ресурсы. При этом, очевидно, что вода может быть загрязненной, поэтому такая вода должна быть очищена и в дальнейшем использована в тех цехах, в которых ее качество считается нормативно приемлемым. Что касается изначально незагрязненных нагретых сточных вод, то они поступают на охладительные установки (градирни, охладительные пруды), а затем возвращаются в оборотную систему водообеспечения. При разработке таких систем принимаются во внимание технологические особенности предприятия, а также особенности имеющейся воды, учитывая при этом ее качество, источники, риски загрязнения и даже потенциальные потребители производственных отходов. Кроме того, учитываются региональные особенности рельефа, климата и других важных экологических факторов.

Предел повторного использования воды в разных отраслях с учетом существующего технического уровня – 92-98%. Для отдельных производств этот показатель достигает 100%, то есть вода используется многократно без каких-либо выбросов загрязненных стоков в водоемы, а восполнение свежей водой связано с естественной убылью за счет ее испарения, химического превращения и др.

При сбросе в водоемы сточные воды подлежат обязательной очистке. Утилизация промышленных сточных вод на разрабатываемых месторождениях позволит иметь постоянный источник воды и одновременно решить проблему защиты водоемов от загрязнений сточными водами. Однако следует признать, что наиболее широко в нефтяной и газовой промышленности применяют самый простой и дешевый способ – отстой, а единственным широко используемым оборудованием остается резервуар-отстойник. Такой метод не обеспечивает требуемой степени очистки.

Применяются методы:

- захоронения промстоков (самый широко распространенный на данный момент в России: сточные воды сжигаются в специальных печах или в газогорелочных хозяйствах с открытым факелом. При этом загрязняется атмосферный воздух, безвозвратно теряется вода, происходит загрязнение поверхности земли несгоревшими неорганическими солями);
- механические и физико-химические методы (применяются для выделения нерастворимых минеральных и органических примесей – взвешенных частиц размером более 5-10 мкм);
- отстаивание и фильтрация (например, грубые минеральные примеси и 90-98% плавающих нефтепродуктов удерживаются в песколовках);
- биологическая очистка (растворенные органические вещества подвергаются с помощью микроорганизмов биологическому распаду (анаэробному или аэробному));
- ионообменная очистка (применяется для очистки вод от металлов, соединений мышьяка, фосфора и др. Представляет собой процесс взаимодействия раствора с твердой фазой, обладающей свойствами обменивать ионы, присутствующие в растворе) и др.

При бурении скважин реализуются различные меры по охране природы.

Их принято подразделять на организационные и инженерные. Организационные проводятся с целью предотвращения загрязнений окружающей среды посредством нормативного обеспечения реализации технологических операций. Инженерные, в свою очередь, направлены на развитие технических средств и технологических процессов бурения.

Для того, чтобы избежать загрязнения почвы и сохранить растительный покров при разработке и эксплуатации месторождений нефти и газа, необходимо реализовывать целый ряд мер, среди которых можно выделить:

- совершенствование методов и средств отделения выбуренной породы (т.е. шлама) от БСВ;

- снижение уровня эксплуатации промывочных растворов. Этого можно достичь вследствие развития технологий повторного употребления БСВ, а также методов их очистки;
- развитие технологий анализа и оценки загрязняющих свойств отходов бурения;
- разработка и внедрение технологий сбора, хранения и вывоза отходов;
- закачка жидких отходов бурения в поглощающие пласты и под продуктивные пласты;
- развитие технологий микробиологической очистки почв от загрязнений;
- утилизация БР путем их многократного использования;
- внедрение новых способов передвижения буровых вышек (применение пневматических устройств).

В целях рекультивации существует практика использования осадков сточных вод с очистных сооружений, содержащих смеси органических и неорганических соединений, а также избыточный активный ил биологической очистки [17].

Очень перспективным методом утилизации БШ является использование его в стройматериалах – керамзина, литоптона и т.п.

На стадии транспортировки ПГ наиболее заметное негативное влияние на ОС может быть оказано вследствие аварии на трубопроводе, состояние которого может быть связано с изношенностью в процессе устаревания и воздействием со стороны окружающей среды на сам газопровод [14]. Различные коррозионные процессы, а в особенности КРН, представляют собой одну из ключевых угроз аварий на МГ. В целях предотвращения подобных повреждений необходимо, в первую очередь, учитывать, из какой стали изготовлен трубопровод (подходит ли он для конкретного продукта и конкретных условий ОС) [29].

Поскольку на стресс-коррозию оказывают серьезное влияние оказывают факторы ОС, необходимо уделять особое внимание изоляционному покрытию

МГ. Особую роль в предотвращении КНП играет защитное покрытие трубопроводов, поскольку именно места нарушения изоляции в наибольшей степени уязвимы перед стресс-коррозионными повреждениями.

## 5.2 Мероприятия по снижению экологических рисков на Юрхаровском нефтегазоконденсатном месторождении

### 5.2.1 Меры по предотвращению и снижению возможного негативного воздействия объектов добычи Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения на окружающую среду

Последние десять лет характеризуются негативным воздействием нефтегазодобычи на состояние окружающей среды. Происходящие аварии и другие причины загрязнений вызваны износом оборудования, недостаточным уровнем применения технологий, направленных на охрану природы, а также отсутствие системного экологического мониторинга. В этой связи, экологические проблемы являются одним из важнейших вопросов, которые сейчас стоят перед отраслью.

ООО «НОВАТЭК-Юрхаровнефтегаз», являясь владельцем лицензий на разработку Юрхаровского НГКМ, не является в данном случае исключением. Организация стремится использовать в своей деятельности безопасные и эффективные технологии, берегающие природу.

Не подвергается сомнению необходимость в жестких требованиях к экологической безопасности объекта. Эта потребность вызвана тем, что экосистема территорий Севера и шельфовой зоны АЗРФ крайне подвержена влиянию внешних факторов, а ее сохранение представляет ценность ввиду широкой видовой диверсификации флоры и фауны. Одним из проектов, отвечающий указанной задаче, является разработка Юрхаровского НГКМ.

Кроме того, реализация управления в сфере сохранения экологии предполагает неукоснительное прохождение регулярной международной сертификации в области экологической безопасности. ООО «Юрхаровнефтегаз» имеет сертифицированное подтверждение соответствия своей деятельности требованиям международного стандарта ISO 14001:2004 и OHSAS 18001:2007 в области охраны окружающей среды и безопасности труда, соответственно [4].

Исходя из принципа потенциальной опасности любой хозяйственной деятельности, все проектируемые и реконструируемые хозяйствующие субъекты обязаны производить оценку воздействия на окружающую среду (ОВОС), а также проводить общественные слушания, чтобы учесть мнение местных жителей. Такой стратегии придерживается и эта организация.

Так, ОВОС осуществляется для планируемого строительства разведочной скважины № 147 Юрхаровского участка недр. При оценке важно учесть, что строительство новой скважины планируется с отсыпанной площадки из песчаного грунта.

С целью оптимального решения вопросов охраны окружающей природной среды, в основу разработки технологических и технических решений по строительству скважин положен принцип обеспечения максимальной надежности и безопасности. Площадки для строительства скважин на отведенных земельных участках должны быть расположены вне водоохраных зон поверхностных водотоков. Непосредственно в районе предполагаемых работ должны отсутствовать памятники природы, заповедники, заказники и археологические памятники [49].

В целях снижения и предотвращения НВОС необходимо в обязательном порядке разрабатывать и реализовывать программу экологического контроля (ПЭК) при строительстве и эксплуатации объекта с учетом возможных аварийных ситуаций. ПЭК – система систематических наблюдений природных сред, которые выполняются по конкретной программе, что даёт возможность выделить различные изменения в состоянии этих сред, происходящие, в особенности, из-за влияния антропогенной деятельности. Также обеспечивается

оценка и прогноз экологического состояния селитебной зоны и биологических объектов и формируются условия для создания рекомендаций по изменению деятельности, направленной на сохранение ОС.

Программа экологического контроля решает следующие задачи:

- анализ причин загрязнения окружающей среды;
- комплексная оценка уровня воздействия деятельности предприятий на экосистему;
- информирование должностных лиц, отвечающих за управление и администрирование предприятий, а также природоохранные органы об актуальном уровне загрязнения окружающей среды, а также прогнозом возможных изменений, а также случаях резкого повышения уровня загрязняющих веществ;
- мониторинг потенциально опасных природно-техногенных процессов и явлений, а также выявление их воздействия на окружающую среду [50].

Еще один важный раздел природоохранной документации, на основании которой возможна деятельность, – программа экологического мониторинга. Цель мониторинга заключается в получении различной информации о текущем состоянии главных компонентов окружающей среды территории Юрхаровского НГКМ: почв, поверхностных и подземных (грунтовых) вод, атмосферного воздуха. Данные, полученные в ходе экологического мониторинга, необходимы для принятия решений в области поддержания экологической безопасности объектов газодобычи и формирования мер по снижению негативных последствий эксплуатации мест добычи для ОС. В ходе промышленного освоения необходимо проводить экологические наблюдения для оценки, прогноза и регулирования различных антропогенных изменений природной среды. Из этого следует, что экологический мониторинг является одним из обязательных этапов реализации каждого технического проекта и производится в течение всего времени существования и функционирования предприятия. Он проводится с целью контроля обеспечения и соблюдения рационального

природопользования, предписанного действующим природоохранным законодательством, а также с целью разработки и выполнения запланированных природоохранных мероприятий и оздоровления окружающей среды.

Производить разработку программы экологического мониторинга на стадии строительства скважин нецелесообразно по причине кратковременности периода строительства скважин. Рабочим проектом предлагается проведение локального экологического мониторинга в процессе строительства скважин. Для проведения локального экологического мониторинга выполняется производственно-экологический контроль.

С целью охраны недр, реализуются различные меры по предотвращению потерь нефтепродуктов в недрах, которые могут возникать ввиду широкого перечня нарушений и проблем. Проектными решениями по строительству скважин предусмотрены способы предупреждения и ликвидации возможных осложнений при бурении. Экологическая безопасность процесса бурения скважины по малоотходной технологии обеспечивается благодаря использованию нетоксичных и малотоксичных химических реагентов и материалов для обработки бурового раствора и борьбы с осложнениями в процессе бурения.

Отдельно важно обратить внимание на меры, целью которых является защита ММП. При подготовке буровых площадок необходимо особое внимание уделить реализации мер по поддержанию грунтового режима температуры. Оптимальными мероприятиями в данном направлении можно считать:

- сезонное регулирование строительных и транспортных работ (чтобы не нарушать мохово-лишайниковое проективное покрытие почв);
- применение 1 принципа использования многолетнемерзлых пород во время сооружения буровых площадок, который представляет из себя сохранение пород в их естественном состоянии;
- сохранение естественного мохово-растительного покрова на поверхности мерзлого грунта в процессе возведения насыпей буровых площадок, так

как сооружение песчаных отсыпок снижает механическое и тепловое воздействие на мерзлые грунты. В момент возведения таких подсыпок и повышения уровня поверхности на высоту насыпи, большая часть годовых теплооборотов приходится на тело самой насыпи, делая меньше глубину проникновения границы фазовых переходов в естественные грунты;

- осуществление на всех этапах производственной деятельности информационного обеспечения состояния и температурного режима ММП.

Кроме того, во время проведения работ необходима изоляция ММП настилами, под которыми прокладывают изолирующие материалы.

Необходимость восстановления в разной степени теплофизических условий в нарушенных природных комплексах, а также обеспечения минимального влияния на теплофизическое состояние всех природных систем тех техногенных объектов, которые расположены на данной территории, устанавливает ведущую стратегию ликвидации и ограничения последствий освоения районов криолитозоны. Важным условием является также безаварийная работа объектов, а также обязательное регулирование их судьбы после отработки. Они должны либо быть уничтожены, либо являться безопасными для окружающей среды и не оказывать на нее никакого воздействия.

Акцент на реконструкции теплофизических условий подразумевает восстановление нормального термовлажностного режима природно-территориального комплекса. Это связано с тем, что тепло и влага являются важнейшими условиями жизнедеятельности биоты, сохранения нормальных мерзлотных условий, свойств и состояния почвогрунтов.

К мероприятиям, направленным на сокращение и предупреждение загрязнения подземных вод, можно отнести следующие:

- снижение риска утечек вследствие инсталляции специализированные поддоны блоков всей буровой установки;

- воспреещение сброса различных неочищенных отходов различного генезиса на рельеф местности;
- предупреждение проникновения БСВ в подземные пресные воды за счет многократного эксплуатирования очищенных буровых сточных вод при бурении последующих скважин;
- гидроизоляция покрытий различных складов полимерной пленкой для предотвращения распространения загрязняющих веществ в случае их утечек.

Безусловно, лучше не исправлять последствия аварий, а предотвращать их возникновение. Для реализации этой цели предлагается нижеизложенный комплекс мер:

- герметизация устья скважины противовыбросовым оборудованием;
- проведение поэтапной опрессовки всех обсадных колонн и соответствующей колонной устьевого обвязки при строительстве скважины;
- применение различных смазок для герметизации резьбовых соединений обсадных колонн.

Существует уникальная инновация, применение которой нашло широкое распространение на Юрхаровском месторождении, которая позволяет, с одной стороны, существенно снижать себестоимость добычи, а с другой, она направлена на нивелирование многочисленных экологических рисков. Эта разработка - установка по производству метанола.

## 5.2.2 Меры по предотвращению и снижению возможного негативного воздействия объектов транспортировки газа

На территориях с мерзлотными геосистемами (плоскобугристые торфяники, комплексные верховые болота) необходимо сооружать искусственные дренажные системы и гидроизоляции, которые направлены на

нивелирование подтоплений вдоль инфраструктуры. Роль этих мероприятий важна, поскольку обводнение этих систем влечет за собой протаивание, просадку, термокарст и термоэрозию, необратимые изменения мезорельефа. Что касается линейных сооружений, то в случае несоблюдения необходимых условий, являются аварии трубопроводов, дорог и других структур.

Мероприятия, направленные на сохранение многолетнемерзлых пород, в первую очередь, должны быть ориентированы на сохранение условий тепловлагообмена. В значительной мере это снегозадержание, направленное на смягчение почвенного климата и нормальную жизнедеятельность биоты, а также поддержание естественных мерзлотных условий. Частными решениями на дренированных участках может являться использование теплоизоляционных искусственных материалов: в теплое время года над многолетнемерзлыми породами, а в зимнее время – над тальми грунтами [63].

С целью охраны растительного покрова по всей территории необходимо:

- повышать эффективность эксплуатации имеющейся инфраструктуры с целью нивелирования негативного техногенного воздействия на ландшафт;
- обеспечивать движение транспортных средств только по подходящим проездым дорогам;
- своевременно проводить рекультивационные мероприятия, которые предотвратят распространение негативных косвенных последствий по всей территории.

В целях снижения последствий для окружающей среды возможных аварийных ситуаций разрабатывается План по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (ПЛАРН). Его мероприятия преследуют цели предотвращения и нивелирования последствий чрезвычайных ситуаций (в частности, разливов нефти и нефтепродуктов) всех уровней, а также организации координации сил и ресурсов, используемых для их ликвидации.

Исходя из этого, в случае возникновения аварийной ситуации предприятию необходимо выполнить следующий перечень оптимальных мер, которые отражают последовательный алгоритм действий:

- обезвредить (заглушить/перекрыть) источник разлива нефтепродукта;
- оценить объем произошедшего разлива и применить наиболее оптимальный способ его ликвидации;
- изолировать разлив продукта и предотвратить его дальнейшее распространение;
- собрать и вывезти собранные с почвы, болотной и водной поверхности нефтепродукты в товарный парк или в пункт утилизации;
- произвести оценку полноты выполненных работ и рекультивацию загрязненных почв по окончании работ.

Сбор нефтепродуктов необходимо осуществлять с помощью вакуумной техники в специальную емкость с герметичной крышкой для последующего вывоза. С целью более полного их сбора вместе с механическими средствами необходимо использование различных сорбентов (например, песка).

Также при предупреждении аварийных ситуаций предусматриваются специальные мероприятия, такие как:

- проведение усиленной изоляции труб (когда подземные части трубопровода подвергаются антикоррозионной изоляции усиленного типа, а надземные участки трубопроводов покрываются тепловой изоляцией, согласно [61] и [45]);
- совершенствование инновационных технологий, обеспечивающих автоматическую работу и блокировку производственных процессов в случае аварийных угроз;
- предварительное испытание трубопроводов на прочность и герметичность гидравлическим способом;

- превентивная проверка герметичности емкостей для горюче-смазочных материалов [16].

Несмотря на то, что используемые для промышленной подготовки газа турбодетандерные установки на Юрхаровском НГКМ повышают вероятность возникновения рисков, необходимо признать, что в случае абсолютного соответствия экологическим требованиям и условиям качества газа, они позволяют добиться значительного сокращения потребления электроэнергии и повышения эффективности подготовки газа. Кроме того, сама вероятность наступления экологических проблем существенно ниже в сравнении с методом дросселирования.

Обеспечение защиты водоёмов осуществляется при помощи ряда рыбоохранных мероприятий, которые предусмотрены программой и подлежат обязательному выполнению. К таким мероприятиям относятся:

- заправка всей техники, используемой при строительстве скважин и трубопроводов, должна производиться на специально оборудованных площадках вдали от рек и озер;
- в процессе эксплуатации масел должны быть сведены к минимуму риски их попадания на землю;
- не следует проводить какие-либо работы в период нереста рыб, который проходит в подавляющем большинстве в июне;
- исключено создание механических и шумовых барьеров на путях миграции рыб, что связано с возможным воздействием их на миграционное поведение рыб;
- мойка агрегатов на территории рек подлежит запрету.

Помимо перечисленных мер, представляется необходимым разработать рыбохозяйственные мероприятия. Здесь подразумевается распространение в водах благородных пород рыб (муксун, чир, нельма, стерлядь) за счет их выращивания в лабораториях с последующим выпуском в открытые воды. Значение данного мероприятия заключается в том, что перечисленные виды рыб

в процессе своей жизнедеятельности повышают устойчивость водной экосистемы, а также являются источником пищи и дохода для малочисленных коренных северных народов.

## Заключение

На сегодняшний день специалистами не выделяется общепринятого понятия экологического риска, однако наиболее применимым в отношении нефтегазовых месторождений понятием можно считать геоэкологический риск.

На состояние окружающей природной среды при освоении месторождений и осуществлении добычи и транспортировки природного газа оказывается или может быть оказано серьезное негативное воздействие, различающееся по масштабам и продолжительности действия, глубине последствий (экологических, экономических). Экологические риски связаны со всеми компонентами природной среды: атмосферным воздухом, поверхностными и подземными водами, почвогрунтами, ландшафтами, растительным и животным миром; а также существует серьезный риск для состояния техногенных систем и их составляющих, а именно – риск аварийных ситуаций.

Особую актуальность такие риски приобретают в районах Крайнего Севера, отличающихся суровыми климатическими условиями, удаленностью от других регионов и отсутствием инфраструктуры. Это касается и Ямало-Ненецкого автономного округа, на севере которого расположено Юрхаровское НГКМ. Важным аспектом, который необходимо учитывать в процессе деятельности, является относительная близость предприятия по отношению к Тазовской губе, поскольку такое расположение создает угрозу для водной экосистемы.

Наиболее серьезное влияние в процессе освоения месторождения, эксплуатации скважин и транспортировки природного газа будет оказываться на многолетнемерзлые грунты, поскольку хозяйственная деятельность в местных условиях способна приводить к геокриологическим изменениям: образованию ореолов протаивания вокруг скважин и процессам морозного пучения в местах прокладки трубопроводов. В следствие активации данных криогенных процессов возрастает риск повреждения техногенных систем: возможно нарушение дорожного покрытия, разрушение зданий и сооружений, а также

целостности трубопроводов, что может привести к авариям, которые будет сложно устранить в кратчайшие сроки ввиду удаленности территории, отсутствия инфраструктуры и подъездных дорог. Подобные аварии могут привести и к человеческим потерям, не говоря о негативном воздействии на компоненты окружающей среды, а также иметь большие экономические издержки.

Результаты исследования, отраженные в Главе 4, показали, что существует риск образования ореолов протаивания и, как следствие, проседания грунтов в районе скважин. Также можно сделать вывод, что трубопровод проходит в зоне возможного морозного пучения, что подтверждает высокую вероятность развития этого криогенного процесса.

В качестве основного локального превентивного мероприятия рекомендуется включить в программу экологического контроля наблюдения за развитием опасных природно-техногенных процессов и выявление их воздействия на состояние окружающей природной среды в зоне влияния объектов обустройства лицензионного участка.

Предприятие реализует программу внедрения НДТ, поскольку относится к первому классу опасности. Так, необходимо применять передовые технологии и использовать только современную технику, качественные буровые растворы, не вызывающие чрезмерного растепления многолетнемерзлых пород. Кроме того, во время работ необходима изоляция ММП настилами, под которыми прокладывают изолирующий материал.

Трубопроводы следует прокладывать исключительно надземным способом, чтобы избежать их деформации в случае процессов морозного пучения или образования ореолов протаивания. Необходимо тщательно подбирать сталь, из которой будут изготовлены трубопроводы, чтобы она соответствовала параметрам окружающей среды, а также применять специальное покрытие, снижающее риск развития коррозии металла и появления неплотностей и утечек продукта.

## Список использованной литературы

1. Азаров В.И. Редкие животные Тюменской области / В. И. Азаров, Г. К. Иванов. – Свердловск : Сред.-Урал. кн. изд-во, 1981. – 111 с.
2. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Основы анализа и управления рисками в природной и техногенной сферах. Москва, 2004 г. – 352 с.
3. Анисимова Н.П., Каменский Р.М., Макаров В.Н., Фельдман Г.М. Экологические аспекты освоения криолитозоны / Н.П. Анисимова [и др.] // Геоэкология: Пробл. и решения: тез. докл. и сообщ. всесоюз. науч.-техн. конф. (Москва, 26-30 апр. 1990 г.). – М., 1991. – С. 94-01.
4. Антонова, Е. Н. Природосберегающие технологии при освоении Юрхаровского газоконденсатного месторождения / Е. Н. Антонова. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2014. – № 17 (76). – С. 41-44.
5. Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты. ГОСТ Р 51898-2002.
6. Баулин В.В. Принципы районирования области распространения вечномёрзлых пород / В.В. Баулин. – М.: Инж. геология, 1982, №5. – С. 8-15.
7. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий. ГОСТ Р 22.0.02-94.
8. Богоявленский В.И., Богоявленский И.В. Стратегия, технологии и технические средства поиска, разведки и разработки морских месторождений в Арктике. – Вестник МГТУ, том 17, № 3, 2014 г. – С. 437-451.
9. Брызгало В.А., Иванов В.В., Шевнина Е.В. Изменчивость стока растворенных веществ в бассейне реки Печоры в условиях интенсивного антропогенного воздействия // Экол. химия. 2000. Т. 9, вып. 3. С. 180-190.
10. Брыксин В.Н., Степанова С.Г., Спиридонов В.В., Цуриков А.С. Экспериментальное изучение теплового взаимодействия действующих

- систем газопроводов Медвежье-Надым-Пунга с внешней средой [Текст]: В кн.: Исследование взаимодействия трубопроводов с окружающей средой. М.: ВНИИСТ, 1979. С. 56-80.
11. Вартапетов Л.Г. Птицы северной тайги Западно-Сибирской равнины / Л.Г. Вартапетов. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1998. – 327 с.
  12. Геокриология. Характеристики и использование вечной мерзлоты. В 2 т. Т. I / под ред. А.В. Брушкова ; пер. В.А. Сантаевой и А.В. Брушкова. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 437 с.
  13. Гидрогеология СССР. Том XVI. Западно-Сибирская равнина (Тюменская область, Омская область, Новосибирская область, Томская область). М., Изд-во «Недра», 1970, 368 с.
  14. Глухова, М.В. Топливо-энергетический комплекс Российской Федерации и экологическая безопасность: монография /М.В. Глухова, Ю.С. Кудинов. – М.: ЗАО «Издательский дом Новый век», 2003.
  15. Грохольский Н. С. Научно-методические основы оценки интегрального риска экзогенных геологических процессов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Москва, 2015 г. – 135 с.
  16. Групповой рабочий проект на строительство эксплуатационных скважин №№ 14, 15 куст 1 Западно-Юрхаровского ЛУ.
  17. Гулякевич Т.Д. Нефтегазовый комплекс: общество – окружающая среда. – М., ГАНГ, 1995. – 141 с.
  18. Давиденко Н.М. Проблемы экологии нефтегазоносных и горнодобывающих регионов Севера России. / отв. ред. чл.-кор. РАН В. П. Мельников ; РАН, Сибирской отд-ние, Ин-т криосферы Земли. – Новосибирск : Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. – 233 с.
  19. Ершов Э.Д. Инженерная геокриология. Справочное пособие. – Э.Д. Ершов, Л.Н. Хрусталева, Г.И. Дубиков, С.Ю. Пармузин. – М.: Недра, 1991. – 439 с.

20. Зяткова Л.К. Структурная геоморфология Западной Сибири [Текст] / Отв. ред. д. г.-м. н. В.А. Николаев. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1979. – 200 с.
21. Иванов И.П. Инженерная геология при строительстве линейных объектов [Текст] : учебное пособие / И.П. Иванов, Л.П. Норова ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования Национальный минерально-сырьевой университет "Горный". – Изд. 2-е, стер. – Санкт-Петербург, 2012. – 110 с.
22. Ильина И.С. Растительный покров Западно-Сибирской равнины / И.С. Ильина, Е.И. Лапшина, Н.Н. Лавренко и др. – Новосибирск : Наука : Сиб. отд-ние, 1985. – 251 с.
23. Ковешников А. Е. Экологические проблемы нефтегазового комплекса России / А. Е. Ковешников // Творчество юных – шаг в успешное будущее : материалы VIII Всероссийской научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина, г.Томск, 23-27 ноября 2015 г. – Томск : Изд-во ТПУ, 2015. - С. 372-376.
24. Косинова И.И., Кустова Н.Р. Теория и методология геоэкологических рисков. ВЕСТНИК ВГУ, СЕРИЯ: ГЕОЛОГИЯ, 2008, № 2. С. 189-197.
25. Красная книга Ямало-Ненецкого автономного округа: животные, растения, грибы / Отв. ред. С.Н. Эктова, Д.О. Замятин. – Екатеринбург: Издательство «Баско», 2010. – 308 с.
26. 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.
27. Лаверов Н.П., Дмитриевский А.Н., Богоявленский В.И. Фундаментальные аспекты освоения нефтегазовых ресурсов арктического шельфа России // Арктика: экология и экономика № 1, 2011. С. 26-37.

- 28.Лесихина Н., Рудая И., Киреева А., Кривонос О., Кобец Е. Нефть и газ российской Арктики: экологические проблемы и последствия. // Доклад объединения Bellona, 2007. – 100 с.
- 29.Мазур И.И., Иванцов О.М. Безопасность трубопроводных систем / И.И. Мазур, О.М. Иванцов. – М.: ИЦ «ЕЛИМА», 2004. – 1104 с.
- 30.Марунин В.И. Основы экологического риска. Практикум: учеб. пособие / В.И Марунин, Л.А. Авдонина ; под ред. д-ра тех. наук, акад. МАИ, акад. АИО Н.Н. Вершинина. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2013. – 138 с.
- 31.Матусевич В. М. Нефтегазовая гидрогеология [Текст]. В 2 ч. Ч.II. Нефтегазовая гидрогеология Западно-Сибирского мегабассейна: учебное пособие / В. М. Матусевич, Л. А. Ковяткина. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. – 108 с.
- 32.Медведев С.Г., Соловьев С.Г., Лузин А.А. Опыт разработки Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения с использованием горизонтальных скважин. Научный журнал «Проблемы разработки газовых, газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождений», № 4 (20) / 2014 – С.23-33.
- 33.Межгосударственный стандарт. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. ГОСТ 12536-2014.
- 34.Методика прогноза параметров области протаивания и зоны просадок пород в приустьевой зоне добывающих скважин. СТО Газпром 15-2005. М.: 2005. 36 с.
- 35.Молочко А.В. Геоинформационное моделирование геоэкологических рисков : учебное пособие / А.В. Молочко. – Саратов : Изд-во «Техно-Декор», 2021. – 92 с. : ил.
- 36.Музалевский А.А. Техногенный и экологический риск в природно-технических системах: учебно-методическое справочное пособие. – СПб.: РГГМУ, 2019. – 184 с.

- 37.Музалевский А.А., Карлин Л.Н. Экологический риски: теория и практика. – СПб.: РГГМУ, ВВМ, 2011. – 448 с.
- 38.Муленко В.В., Сапрыкина К.М. Экологические и экономические риски разработки морских нефтегазовых месторождений Крайнего Севера. // Экология №2 февраль 2016, Территория нефтегаз. – С. 94-99.
- 39.Небогина Н.А. Влияние состава нефти и степени ее обводненности на структурно-механические свойства эмульсий. Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук. Томск, 2009 г. – 162 с.
- 40.Нефтегазовые компании Ямало-Ненецкого АО. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://uglevodorody.ru/oil-companies/yamalo-neneckiy-ao?page=3> – дата обращения 01.03.2022.
- 41.Одишария Г.Э. Техничко-технологические решения по обеспечению устойчивости и надежности магистральных газопроводов северных районов страны. [Текст] : Научно-технический сборник. / ВЕСТИ ГАЗОВОЙ НАУКИ. – М.: ООО «Газпром ВНИИГАЗ». – С. 101-114.
- 42.Поварова Л.В. Экологические риски, связанные с эксплуатацией нефтяных месторождений. – г.Краснодар: Отраслевые научные и прикладные исследования: Науки о земле. – С. 112-122.
- 43.Подалов Ю.А. Экология нефтегазового производства. – Москва: Инфа-Инженерия, 2010. – 416 с.
- 44.Попов А.П. Управление геотехническими системами газового комплекса в криолитозоне. Прогноз состояния и обеспечения надёжности. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. – Тюмень, 2005 г. – 52 с.
- 45.Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке нефтепромысловых трубопроводов / Руководящий документ (РД) от 30 декабря 1993 г. № 39- 132-94.
- 46.Рагозин А.Л. Оценка и управление природными рисками. – М.: Издательская фирма «КРУК», 2003 г. – 320 с.

- 47.Разведочная скважина № 147 Юрхаровского участка недр. Проектная документация. Раздел 8. Перечень мероприятий по охране окружающей среды. Часть 1. Оценка воздействия на окружающую среду. Книга 1. Текстовая часть, 28-8-ООС1.1. Том 8.1.1. ООО «МИПТЭК», 2017г., 288 с.
- 48.Разведочная скважина № 147 Юрхаровского участка недр. Проектная документация. Текстовая часть, 38-8-ООС1.ТЧ. Исполнитель ООО «Бурпроект».
- 49.Разведочная скважина № 147 Юрхаровского участка недр. Проектная документация. Текстовая часть, Том 8.1.1, 85/17-1-ООС1.1-ТЧ. Исполнитель ООО «Бурпроект».
- 50.Разведочная скважина № 147 Юрхаровского участка недр. Проектная документация. Раздел 8. Том 8.2, Текстовая часть, 28-8-ООС2-ТЧ. ООО «МИПТЭК», 2017г.
- 51.Самсонов Р. О. Оценка и управление геоэкологическими рисками в газовой отрасли / Нефтегазовое дело : электрон. науч. журн., № 1, Т 1, 2007. – 21 с.
- 52.Самсонов Р.О., Башкин В.Н., Казак А.С., Горлов Д.В., Припутина И.В. Оценка экологического риска в зонах воздействия магистральных газопроводов. – М.: ОА ФИД «Деловой экспресс», электронный журнал «Проблемы анализа риска», 2006. С. 238-249.
- 53.Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1998 г. 376 с.
- 54.Солодовников А.Ю., Хатту А.А. Воздействие нефтегазодобычи на окружающую среду в Тюменской области: роль и значение экологического менеджмента в решении экологических проблем. – Региональная экология. 2010. № 4 (30). С. 86-96.
- 55.СП 2.1.7.1386-03 «Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления СП 2.1.7.1386-03», утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 16

- июня 2003 года, с 30 июня 2003 года (с изменениями на 31 марта 2011 года).
- 56.Справочник по климату СССР. Выпуск 17. Омская и Тюменская области. Часть 5. Температура воздуха и почвы. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1965. – 275 с.
- 57.Справочник по климату СССР. Выпуск 17. Омская и Тюменская области. Часть 4. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1967. – 259 с.
- 58.Справочник по климату СССР. Выпуск 17. Омская и Тюменская области. Часть 3. Ветер. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1967. – 299 с.
- 59.Термины МЧС России. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/2117> – дата обращения 09.04.2022.
60. Трофимов В.Т., Бадю Ю.Б., Васильчук Ю.К., Кашперюк П.И., Кудряшов В.Г., Фирсов Н.Г. Геокриологическое районирование Западно-Сибирской плиты/ – М.: Наука, 1987. – 104 с.
- 61.Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии / ГОСТ Р от 23 апреля 1998 г. № 51164-98.
- 62.Труды международной конференции «Параллельные вычисления и задачи управления». – Москва : Ин-н проблем упр. им. В. А. Трапезникова РАН, 2001.
- 63.Тумель Н.В., Зотова Л.И. Геоэкология криолитозоны: Учебное пособие. – М.: Географический факультет МГУ, 2014. – 244 с.
- 64.Усов В.А., Николаева Т.Н. Инженерное мерзлотоведение : методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 130101. – Санкт-Петербург : Нац. минерально-сырьевой ун-т "Горный", 2014. – 47 с.
- 65.Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (последняя редакция).

66. Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО 2022). Утв. Приказом Росприроднадзора от 22.05.2017 №242 (с изменениями от 04.10.2021 N 670).
67. Физико-географическое районирование Тюменской области / под ред. Н.А. Гвоздецкого. – Москва, 1973.
68. Хренов В.Я. Почвы Тюменской области: Словарь-справочник / В.Я. Хренов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 156 с.
69. Чувилин Е.М., Козлова Е.В., Сколотнева Т.С., Ткачев Е.И. Исследование гидратонакопления в промерзающих метанонасыщенных породах // Мат-лы 3 конференции геокриологов России. Т. 1. Физико-химия, теплофизика и механика мерзлых грунтов. М. 2005. С. 300-307.
70. Шишмина Л.В. Экология нефтедобывающего комплекса // Курс лекций. – Томск: Изд-во ТПУ, 2000. – 112 с.
71. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утв. распоряжением Правительства РФ от 13 нояб. 2009 г. №1715-р.
72. Юнусов Р.Р., Грицишин Д.Н., Истомин В.А. (ОАО «НОВАТЭК»). Оптимизация технологии подготовки газа и конденсата на УКПГ Юрхаровского газоконденсатного месторождения. Современное состояние и пути совершенствования оборудования и технологий промышленной подготовки углеводородного сырья на месторождениях ОАО «Газпром»: Материалы заседания секции «Добыча и промышленная подготовка газа и газового конденсата» Научно-технического совета ОАО «Газпром». (г. Тюмень, 2-6 июня 2008 г.). – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2008. – 176 с.



# УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

## Арктический пояс

	Арктотундровые		Тундровые грубогумусовые фрагментарные		Тундровые элювиально-глеевые (тундровые дифференцированные)
	Тундровые глеевые		Тундровые иллювиально-гумусовые		Тундрово-болотные

## Бореальный пояс

	Подзолисто-глеевые		Глеезы (таежные поверхностно-глеевые и глееватые)		Дерново-подзолистые со вторым гумусовым горизонтом
	Глее-подзолистые		Глеезы оподзоленные		Дерново-подзолистые иллювиально-железистые
	Подбуры		Глеезы торфянистые		Дерново-подзолистые глубинно-глееватые
	Подзолы иллювиально-железистые		Таежные мерзлотные (криоземы)		Дерново-подзолисто-глеевые
	Подзолы иллювиально-железисто-гумусовые и иллювиально-гумусовые		Таежные глее-мерзлотные (криоземы глеевые)		Дерново-глеевые
	Подзолы торфянисто-глеевые иллювиально-гумусовые		Подзолистые глубинно-глееватые		

## Суббореальный пояс

	Чернозёмы выщелоченные и оподзоленные		Серые лесные		Тёмно-серые лесные
	Лугово-чернозёмные и чернозёмно-луговые		Боровые пески		Серые и тёмно-серые лесные глеевые и глееватые, в т.ч. осолоделые

## Гидроморфные

	Болотные мерзлотные (торфяные и остаточнo-торфяные)		Болотные торфяные и торфяно-глеевые (почвы верховых болот)		Луговые
	Болотные перегнойно-торфянисто-глеевые (почвы переходных и низинных болот)		Лугово болотные		Луговые солонцеватые и солончакватые

## Галоморфные

	Солончаки		Солончи		Солоди
---	-----------	---	---------	---	--------

## Аллювиальные и маршевые

	Аллювиальные дерновые и луговые кислые и слабокислые		Аллювиальные болотные и лугово-болотные		Аллювиальные луговые и дерновые насыщенные
	Маршевые				

## Комплексы почв крио- и гидрогенные

### Трешино-полигональные и полигонально-валиковые

	Арктотундровые, тундрово-болотные, почвы пятен и трещин
	Тундрово-болотные, почвы пятен и трещин
	Болотные мерзлотные и тундрово-болотные
	Болотные мерзлотные и болотные перегнойно-торфянисто-глеевые

### Горные почвы

	Горные примитивные органогенно-щебнистые
---	--

### Пятнисто-бугорковатые

	Тундровые глеевые и почвы пятен
	Тундровые глеевые, тундрово-болотные и почвы пятен
	Тундровые элювиально-глеевые и почвы пятен
	Тундрово-болотные, почвы пятен
	Тундрово-болотные, тундровые глеевые и почвы пятен

### Крупно- и плоскобугристые

	Болотные мерзлотные торфяные и остаточнo-торфяные
	Болотные мерзлотные и таежные глее-мерзлотные

### Грядово- и озерково-мочажинные

	Болотные перегнойно-торфянисто-глеевые и болотные торфяные
---	--

### Дополнительные обозначения

	Щебнистость и завалунность почв и пород
	Выходы плотных пород
	Незакрепленные пески

### Почвообразующие породы

	рыхлые	Суглинистые и глинистые
		Песчаные и супесчаные
	плотные	Осадочные (песчаники, сланцы и др.)