



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ  
Кафедра социально-экономической географии и природопользования

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ  
В ГЭК И ПРОВЕРЕНО НА ОБЪЕМ  
ЗАИМСТВОВАНИЯ  
и.о.заведующей кафедрой

 к.г.н., доцент  
И.Д. Ахмедова  
 2019 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(магистерская диссертация)

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПРИ ФАКЕЛЬНОМ  
СЖИГАНИИ ПОПУТНОГО ГАЗА В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

05.04.06 Экология и природопользование  
Магистерская программа «*Геоэкология нефтегазодобывающих регионов*»

Выполнил работу  
Студент 2 курса  
очной формы обучения



Кудлаенко  
Дмитрий  
Петрович

Научный руководитель  
к.т.н., доцент



Шигабаева  
Гульнара  
Нурчаллаевна

Рецензент  
заведующий кафедрой  
органической и экологической  
химии, ТюмГУ  
д.х.н., доцент



Кремлёва  
Татьяна  
Анатольевна

г. Тюмень, 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	5
1.1 Причины и масштабы сжигания попутного газа при добыче углеводородов в Западной Сибири .....	5
1.2 Негативные экологические последствия от сжигания газа .....	10
1.3 Снежный покров как показатель атмосферного загрязнения.....	14
1.4 Выводы по главе .....	17
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ РАБОТ .....	19
2.1 Методики исследований, объём собранного материала .....	19
ГЛАВА 3 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	22
3.1 Географическое положение, геология и рельеф .....	22
3.2 Климат.....	23
3.3 Гидрографическая сеть.....	24
3.4 Почвенный и растительный покров .....	25
3.5 Условия залегания снежного покрова в районах исследования .....	26
3.6 Выводы по главе .....	27
ГЛАВА 4 ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПРИ ФАКЕЛЬНОМ СЖИГАНИИ ПОПУТНОГО ГАЗА ПРИ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧЕ В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ .....	28
4.1 Пространственные характеристики ореола загрязнения снежного покрова в районе действующего факела.....	28
4.2 Качественная и количественная характеристика загрязнения снежного покрова от факела.....	31
4.3 Выводы по главе .....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	38
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	40

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность.** Основное промышленное значение территории Западной Сибири заключается в добыче углеводородов, являющихся важнейшим энергетическим ресурсом на современном этапе развития общества. Однако имеющиеся на данный момент технологии не позволяют эффективно использовать все компоненты добываемого углеводородного сырья. С экономической точки зрения, наиболее рациональным решением является утилизация неиспользуемых компонентов путем сжигания их на факельных установках. К сожалению, такие установки оказывают тепловое воздействие на воздух, почвы, растительные сообщества, располагающиеся, в непосредственной близости от факела, а не сгоревшие до конца частицы сажи разносятся на многие километры и загрязняют окружающую среду. Цель этой работы заключается в изучении уровня загрязнения атмосферного воздуха, в результате сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках, через снежный покров.

**Тема диссертации:** Оценка загрязнения снежного покрова при факельном сжигании попутного газа при нефтегазодобыче в таежной зоне Западной Сибири.

**Цель исследования:** оценить загрязнение снежного покрова при факельном сжигании попутного газа на месторождениях нефти.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи:**

1. Изучить возможность использования снежного покрова для оценки качества атмосферного воздуха и определить контролируемые параметры, характеризующие пирогенное загрязнение.
2. Подобрать две постоянно действующие факельные установки на территории ХМАО-Югры и ЯНАО, разработать схему и отобрать образцы снежного покрова.
3. Охарактеризовать природно-климатические условия районов расположения выбранных объектов исследования.
4. По результатам химических анализов оценить качественные и количественные показатели загрязнения снежного покрова в районе обследованных факелов.

**Объект исследования:** снежный покров вблизи факелов сжигания попутного нефтяного газа.

**Предмет исследования:** качественные и количественные показатели загрязнения снежного покрова в районе обследованных факелов.

**Область исследований:** (ВАК 25.00.36) 1.12. Геоэкологический мониторинг и обеспечение экологической безопасности, средства контроля.

**Источники информации:** материалы полевых выездов, результаты химического анализа проб, данные со спутников ДЗЗ, научная литература, доклады общественных организаций, официальные отчеты ведомств и территориальных субъектов Российской Федерации.

**Новизна исследований:** впервые показан уровень загрязнения снежного покрова и выявлены закономерности распределения загрязняющих веществ на различном удалении от факельной свечи для факелов, расположенных в различных природных зонах (средняя и северная тайга). Подтверждено мнение многих экспертов, что при оценке степени загрязнения снежного покрова факельными установками средне-региональные значения (СРЗ) содержания элементов не всегда подходят для использования в качестве фоновых значений.

**Практическая значимость:** полученная зависимость распределения загрязнений от удаленности от факела (большая часть загрязнений локализуется вблизи от факельных установок, не далее 2 км) позволяет минимизировать затраты на проведение мониторинговых исследований за действующими факелами.

**Защищаемые положения:**

1. Результаты анализов проб снеговых талых вод показывают, что большая часть загрязнений в таежной зоне, выбрасываемых при сжигании попутного газа, локализуется вблизи от факельных установок, не далее 2 км.
2. При оценке степени загрязнения снежного покрова факельными установками средне-региональные значения (СРЗ) содержания элементов не всегда подходят для использования в качестве фоновых значений. Так, к примеру, один и тот же уровень содержания определенного вещества в снежном покрове может являться для одного региона повышенным, а для другого – фоновым. При подобных различиях в системе оценки чистоты снежного покрова, нельзя достоверно сказать о наличии или отсутствии в нем загрязнений, особенно остро эта проблема встает при определении чистоты снега в географически смежных областях между соседними регионами.

## ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Причины и масштабы сжигания попутного газа при добыче углеводородов в Западной Сибири

Попутный нефтяной газ это побочный продукт, получаемый при добыче нефти. Сама нефть залегает не в чистом виде, она смешана с газом, и с технической точки зрения, практически невозможно наладить добычу только жидкой фазы углеводородного сырья, при этом оставив природный газ внутри пласта.

В текущий момент времени, в связи с мировыми ценами на нефть, наибольшую ценность представляет именно жидкая фаза углеводородов, поэтому газ воспринимается как побочный продукт при нефтедобыче. В связи со специфическими свойствами добываемого сырья, нефтяные промыслы не рассчитаны на то, чтобы вести эффективную добычу и утилизацию попутного газа вдобавок к нефти. В то же время, оборудование газовых месторождений, предназначено исключительно только для газообразной формы углеводородов, лишь с небольшими включениями газового конденсата.

Непосредственный состав нефтяного газа неодинаков и различается на разных месторождениях, это зависит от геологических условий формирования конкретной залежи нефти и газа, то есть зависит от материнской породы, от физико-химических условий и т.д. Однако если брать среднее значение содержания метана в таком газе, то оно считается равным приблизительно 70% (в то время как в природном газе, например, метан занимает до 99% объема всей газовой смеси). Факт наличия примесей в попутном газе – неоднозначен. Наличие в нем таких алканов как этан, пропан или бутан, делает его ценным сырьем для использования в нефтехимии. Но с другой стороны, большое количество примесей осложняет транспортировку газа через газотранспортную систему. Для попутного газа, добываемого на месторождениях Западной Сибири свойственны следующие уровни содержания углеводородов [14]:

- Метан 60–70 %
- Этан 5–13 %
- Пропан 10–17 %
- Бутан 8–9 %

Сжигание ПНГ является общепризнанной проблемой для нефтяной отрасли Российской Федерации. Хотя в последние несколько лет намечается положительная тенденция на уменьшение объемов сжигания газа, современное снижение цен на углеводороды (последнее крупное падение в 2014 году) оказывает негативный эффект на состояние дел в этой области.

В постсоветской России объем добычи ПНГ наращивался с середины 1990-х годов. Если верить официальной статистике, то объем добываемого попутного нефтяного газа вырос в 3 раза, с 25 млрд м<sup>3</sup> в 1995 году до свыше 85 млрд м<sup>3</sup> в 2016 году [24]. Основная причина роста объемов добываемого ПНГ это освоение новых районов нефтедобычи, а конкретно – месторождений Восточной Сибири, которые увеличили добычу углеводородов обеих фаз.

Причиной неэффективного сжигания ПНГ являются проблемы экономического и технического характера, а также сложность и несовершенство законодательной базы в области нефтедобывающей отрасли. В результате этих факторов, во всем мире горит свыше 17 тысяч факелов, которые в совокупности выбрасывают в атмосферу Земли приблизительно 350 млн. т. углекислого газа и других загрязняющих элементов (подчас и довольно опасных) [12]. В приарктических регионах, ярко проявляется еще один эффект от сжигания ПНГ. Частицы сажи в больших количествах оседают на снежном покрове, снижая, таким образом, альбедо снега и увеличивая поглощения солнечной энергии, в результате происходит ускоренное таяние арктических льдов.

Важной проблемой также является достоверность различных данных об объемах добываемого сырья и доли ПНГ сжигаемого на факельных установках.

На рисунке 1.1 приведена диаграмма, показывающая данные об объемах добытого ПНГ за 2010-2016 годы, по отчетам Центрального диспетчерского управления топливно-энергетического комплекса (ЦДУ ТЭК). Стоит сказать, что данные предоставляемые этой организацией широко используются органами государственных структур, в том числе и Министерством энергетики РФ, в качестве материалов по которым принимаются те или иные решения. То есть, достоверность этих сведений должна быть на очень высоком уровне.

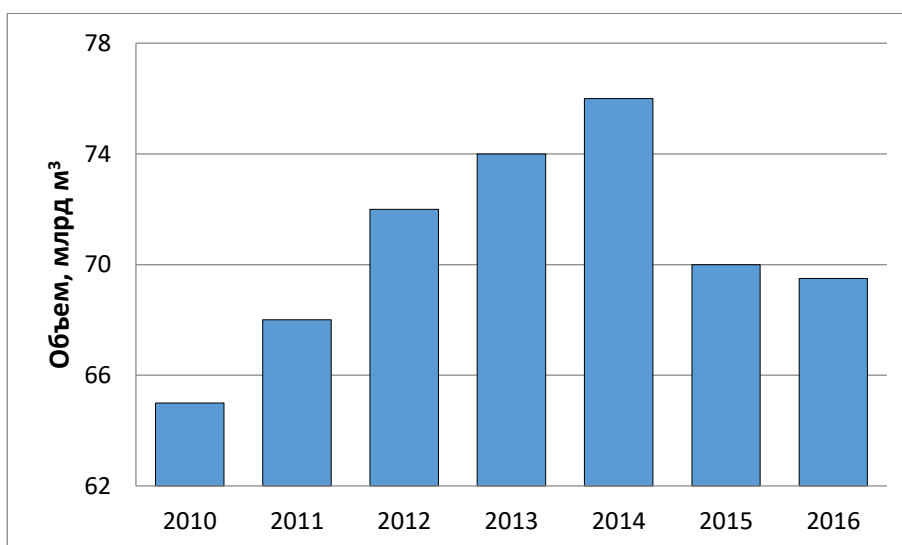


Рисунок 1.1 Объемы извлекаемого ПНГ в России в 2010-2016 гг. [26].

По данным ЦДУ ТЭК объемы добычи ПНГ существенно снизились в 2015-2016 годах, если сравнивать их с пиком добычи в 2014 году. Однако, в этот период не происходило каких-либо заметных изменений в условиях добычи нефти, например, ввода в эксплуатацию новых месторождений с качественно другими параметрами добываемой нефти. Стало быть, стоило ожидать, что объемы добычи ПНГ будет меняться в соответствии с объемом добываемой нефти, но этого не происходит. Картина такова, добыча нефти в период за 2014-2016 годы сократилась на 3%, в то время как добыча газа за тот же период упала более чем на 8,5%. Подобная непропорциональность изменения графиков объема добычи нефти и газа вызывают серьезные сомнения в достоверности предоставляемых данных

Несмотря на то, что добыча ПНГ сильно возросла с конца 1990 года, доля его полезного использования оставалась приблизительно на одном уровне, в пределах 73-79% от общей добычи по России. Таким положение дел оставалось вплоть до 2014 года, после которого, произошел резкий рост этого показателя (согласно официальной отчетности нефтяных компаний), он повысился до 85-86% (рис. 1.2).

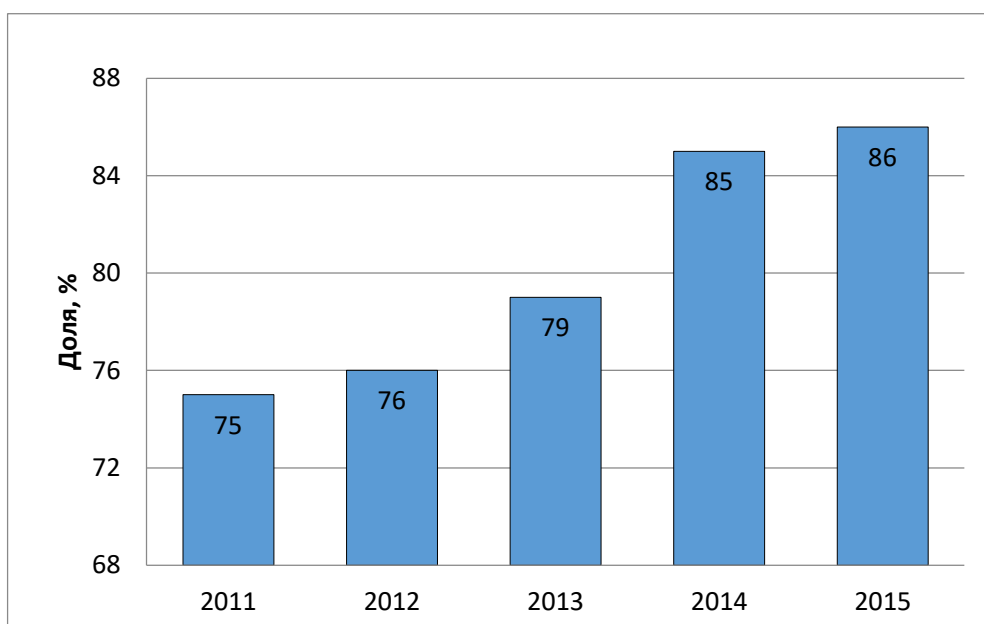


Рисунок 1.2 Уровень полезного использования ПНГ в процентах от объема извлеченного ПНГ в России в динамике за 2011-2015 гг. [8].

Согласно другому источнику [26], процент полезного использования ПНГ вырос до 86% и 88% за 2014 и 2015 год. Такие расхождения данных в официальных отчетах неизменно вызывают определенные сомнения, относительно их точности, а самое главное достоверности.

По данным статистики, которыми пользуются Минприроды и Минэнерго России, у нас по-прежнему сохраняется устойчивый рост уровня полезного использования ПНГ. Однако, в то же время, по данным полученным с помощью дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), мы видим, что происходит значительное повышение объемов сжигания ПНГ, начиная с 2014 года (см. рис. 1.3).

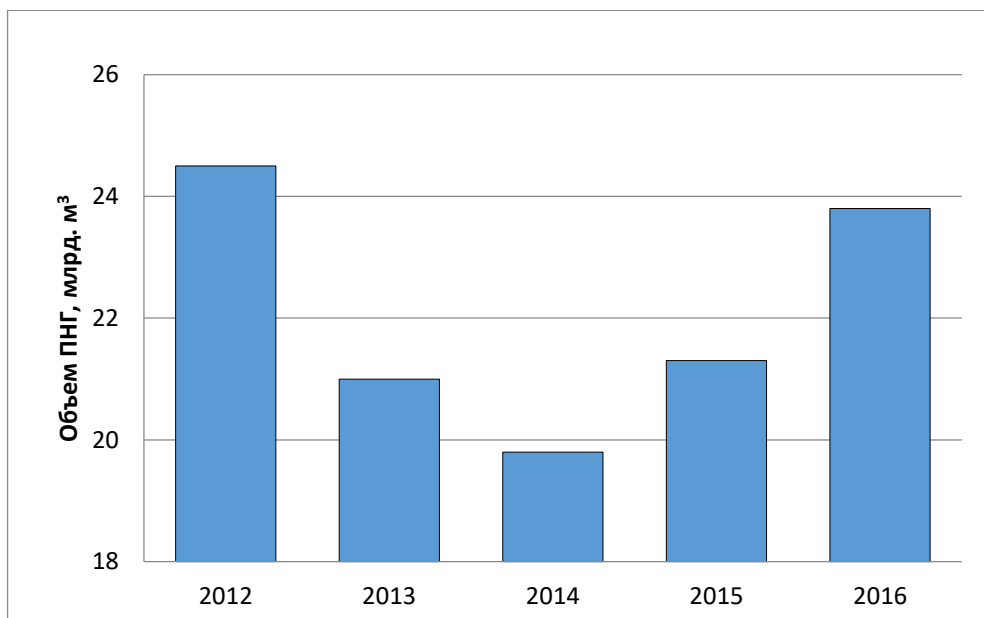


Рисунок 1.3 Изменение объема сжигаемого ПНГ в период с 2012 по 2016 г. [11].

Различия в оценках объема извлечения и использования ПНГ по данным разных источников, связано также и с существующими проблемами в области измерения и учета ПНГ. Автоматические системы учета в прошлые годы практически отсутствовали на месторождениях и ступенях сепарации, кроме того никто и не был заинтересован в их внедрении. Чуть более 10 лет назад доля факелов, с установленными на них системами автоматического учета поступающих ПНГ в России не превышала 50%. В отдельных регионах, этот показатель был менее 20%. За последние 10 лет уровень оснащения приборами учета факельных установок возрос практически до 100%. Однако существует высокая погрешность в точности этих приборов, по разным оценкам она составляет от 20% до 30%. Кроме того велико влияние и человеческого фактора, который нельзя исключить практически никакими устройствами и приборами. В целом, можно сказать, что независимый государственный контроль за объемами сжигания ПНГ налажен далеко не самым лучшим образом.

Сложившаяся проблема по утилизации ПНГ в нашей стране, появилась не в одночасье, она уходит корнями глубоко в прошлое и зависит от исторически сложившихся причин. Давность и масштабность проблемы не позволяют найти ее быстрое и простое решение. Во времена бурного расцвета нефтяной промышленности



СССР, во главе угла не стояла задача полного и всеобъемлющего использования добываемых ресурсов. Все внимание было сосредоточено на разработке гигантских месторождений, а основной задачей было – поставить стране как можно больше нефти, при минимальных затратах. В связи с таким фокусом развития переработка попутного газа была достаточно второстепенной задачей с малой рентабельностью. Конечно, некоторая система утилизации попутного газа существовала и тогда. Она представляла собой огромные ГПЗ с развитой газосборной системой, которые располагались в наиболее крупных и профицитных местах добычи нефти. Такой подход к обращению к обращению с попутным газом хорошо работает на крупном производстве, на котором и была сфокусирована промышленность Советского Союза в целом. Однако уже на средних, а тем более и малых месторождениях, такая схема утилизации ПНГ становится крайне неэффективной и дорогостоящей. Стоит ли напоминать, что в настоящее время, именно последние получили наиболее широкое и активное развитие, особенно с уходом централизованной нефтяной промышленности и приходом на ее место частных компаний и интересов. Другой проблемой советской схемы является то, что она не рассчитана по своим техническим характеристикам, на то, чтобы транспортировать, а тем более перерабатывать ПНГ с большим содержанием тяжелых углеводородов.

В итоге, вместе с огромными промышленными мощностями советского наследия, нам перешли и проблемы полувековой давности, которые встали особенно остро в текущих реалиях. Именно поэтому огромные объемы газа бесцельно сжигаются в факелах. В Советском Союзе существовала единая система, которая контролировала и финансировала как сбор газа, так и его поставку на заводы. С развалом Союза, нефтяная отрасль перешла ко множеству независимых друг от друга нефтяных компаний, в чьих руках оказались источники ПНГ. Но вот транспортировка и сбор газа, остались в руках у грузопереработчиков, которые стали монополистами в своей области. Получилось так, что у владельцев нефтяных компаний не осталось никакого стимула для строительства газосборных пунктов на вновь разрабатываемых месторождениях. Не секрет, что и рациональное использование ПНГ стоит больших денег, которые не окупаются в ближайшей перспективе. Так сложилась ситуация, при которой нефтяным компаниям намного легче сжигать излишки газа в факелах, а не строить для них систему сбора и переработки.

Если сжато отвечать на вопрос «почему в России сжигается попутный газ?», то можно привести в качестве ответа следующие причины. Нет доступных и дешевых технологий, позволяющих утилизировать газ с примесью тяжелых углеводородов. Неодинаковый состав ПНГ и природного газа не позволяют использовать для их

транспортировки единую систему газоснабжения, которая занята природным газом. Строительство новых газопроводов экономически не выгодно, так как их цена многократно превысит возможные прибыли от использования ПНГ, особенно в сравнении с достаточно дешевой добычей природного газа. Много нареканий есть и к уже существующей системе контроля по исполнению лицензионных обязательств в нефтяной отрасли. Штрафы получаемые нефтяными компаниями за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ гораздо ниже затрат на полноценную утилизацию ПНГ. На современном Российском рынке не существует технологий, которые бы можно было внедрить с целью сбора и переработки попутного газа. Такие решения есть за рубежом, но они опять же чрезвычайно дорогие, кроме того требуют целого комплекса мер по интеграции в российскую действительность, как на техническом уровне, так и на законодательном. В частности, у нас установлены более жесткие требования к промышленной безопасности на объектах нефтедобычи. Таким образом, необходимо наше собственное техническое решение по производству газоперекачивающих компрессорных станций и установок дожатия ПНГ. Это остается очень важным вопросом для нефтегазовой промышленности России.

## **1.2 Негативные экологические последствия от сжигания газа**

Несмотря на то, что факельные установки являются постоянным источником загрязнения окружающей среды, их основная цель это охрана природы. Они обезвреживают горючие и взрывоопасные газы и пары. В случае если бы они поступали в атмосферу в чистом виде, они привели бы к частому возникновению пожаров, взрывов и нанесли бы существенно больший вред жизни и здоровью человека.

Сожжение газов позволяет понизить класс опасности некоторых веществ, так сероводород при полном сгорании превращается в сернистый газ, а оксид углерода в диоксид углерода. [1].

Однако, даже не смотря на понижение класса опасности, продукты сгорания ПНГ все еще сохраняют в себе возможную угрозу для жизни и здоровья человека на уровне физиологического функционирования его организма.

Газообразные углеводороды при горении взаимодействуют с кислородом, содержащимся в атмосфере, и образуют воду и углекислый газ. В некоторых случаях основным горючим элементом попутного газа является оксид углерода (СО).

Состав выбрасываемых веществ и их соотношение между собой зависит от состава нефти, добываемой на месторождении. Основной технологический параметр, который используется при классификации нефти это содержание в ней серы. Из-за подобного

состава нефти, приблизительно треть горящих факелов по всему миру являются постоянным источником выброса в атмосферу диоксида серы, сероводорода, меркаптана [23].

Если нефть, добываемая на месторождении, обогащена ароматическими углеводородами, то после сжигания попутного газа, выбросы будут содержать большое количество бензола, фенола, толуола.

Сжигание ПНГ на факелах приводит к выбросам в атмосферу миллионов тонн загрязняющих веществ. В результате факельного сжигания попутного газа в нашей стране в среднем на одну тонну добытой нефти приходится около 8 кг выбросов вредных веществ, которые локализуются преимущественно в регионах добычи [14]. При сжигании ПНГ образуются сажа, оксиды азота, монооксид углерода, 3,4-бензпирен, «проскочившие углеводороды», бензол, фосген, толуол, тяжелые металлы (ртуть, мышьяк, хром), сернистый ангидрид и другие. Важно также, что при сжигании ПНГ образуются парниковые газы, которые влияют на климат планеты. Также велико тепловое загрязнение от сжигания попутного нефтяного газа на факелах, которое ощущается на расстоянии до 5 км от факельной установки и оказывает влияние на метеорологические и климатические условия.

Загрязняющие вещества, попав в атмосферу, переносятся воздушным потоком в газообразном, жидком и твердом (аэрозольном) состоянии. Одним из главных источников загрязнения атмосферного воздуха в регионах, в которых развивается и развита нефтедобывающая промышленность, является именно сжигание ПНГ на факельных установках. Об этом, например, прямо сказано в докладе об экологической ситуации в ХМАО за 2017 год: Основными организованными источниками загрязнения атмосферного воздуха на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры являются факелы для сжигания попутного газа и трубы печей [7].

Среди компонентов ПНГ и продуктов его сгорания есть такие, которые являются парниковыми газами, способствующими глобальному изменению климата. К парниковым газам относятся водяной пар, диоксид углерода, закись азота, метан, вещества, содержащие хлор, перфторуглероды, гидрофторуглероды, гексафторид серы и т. д. Количество диоксида углерода, выделяющегося при сжигании попутного нефтяного газа на факеле, зависит от углеводородного состава ПНГ и в среднем составляет 3,5 кг диоксида углерода на 1 м<sup>3</sup>. По информации Минприроды, выбросы диоксида углерода в атмосферу в России на 2011 год вследствие сжигания ПНГ составили 90 млн т. [10].

По некоторым оценкам, совокупная площадь нарушенных почв от воздействия выбросов горящих факелов составляет около 100 тыс га. Непосредственно вблизи факелов

в результате воздействия высоких температур в радиусе 20–200 м происходит практически полное выжигание органического вещества гумусово-аккумулятивных горизонтов, изменяется структура и гранулометрический состав почв. В случае присутствия в факельных выбросах горячей или несгоревшей (капельной) нефти происходит битумизация верхних слоев почвы. Химическая деградация, обусловленная поступлением в почву разнообразных соединений, проявляется в нарушении геохимического баланса, в том числе углеродно-азотного, в изменении миграционной способности многих макро- и микроэлементов, во включении многих токсичных соединений в техногенные потоки. По мере удаления от факела степень трансформации почвы от теплового воздействия уменьшается.

Согласно результатам исследований на территории Западной Сибири, уровень содержания бензапирена в почвенном покрове и грунтах около факельных установок и площадок горизонтального выжигания углеводородов достигает до 25 ПДК [19]. Также было выявлено, что из-за высокой растворимости 3,4-бензпирена в воде, он обладает высокой миграционной активностью, в результате чего загрязнению подвержены не только почвенные горизонты, но также и природные воды за пределами непосредственного техногенного воздействия.

Область загрязнения химическими соединениями в отношении почвы можно выявить достаточно точно, однако если загрязнению подвергается водная среда, то дело резко осложняется. Это связано как с множеством потенциальных источников загрязнения поверхностных и грунтовых вод, неизменно возникающих при разработке нефтяных месторождений, так и сложными динамическими процессами, свойственными водным потокам.

Тяжелые фракции нефти, попадая в водоемы, частично оседают на дне, таким образом, содержание органического углеводорода в донных отложениях достигает 7-10%, в особых случаях этот показатель может достигать 60%. В таком виде битуминозные вещества на дне водоемов могут являться источником загрязнения поверхностных вод в течение многих лет. Для ароматических углеводородов, обладающих наибольшим канцерогенным эффектом, выявлено, что при концентрации в 1% в водоеме, происходит полное исчезновение всех форм водных растений. Также, по результатам исследования вод в регионах нефтедобычи, выявлено, что существуют определенные тренды по трансформации природных вод, происходит изменение их химического состава, в частности: повышение минерализации воды, изменение концентраций компонентов солевого состава, увеличение числа нефтепродуктов, органических веществ, микро- и макроэлементов – свинца, железа, никеля, цинка, кадмия [11].

Наиболее распространенные негативные последствия от сжигания ПНГ для лесных экосистем [20]:

- снижение доли земель покрытых лесом;
- захламление стройматериалами и древесными остатками площадок строительства и прилегающих к ним территорий;
- повышение уровня пожароопасной обстановки в лесах около факельных установок;
- повреждение почвенного покрова и растительности в результате химического, механического и термического воздействия;
- уничтожение запаса семян в верхнем почвенном горизонте, на участках прилегающих к открытым факельным установкам;
- значительное снижение видового разнообразия подроста, травяно-кустарничкового, кустарникового и мохово-лишайникового ярусов территорий, находящихся по периметру земель отвода;
- снижение качества условий для существования зооценозов, создание помех на миграционных путях животных и птиц;
- снижение численности и видового разнообразия животных, насекомых и микроорганизмов, особенно это касается почвенных животных
- Уменьшение видового разнообразия и численности живых организмов, в особенности почвенных животных.

На рисунке 1.4 наглядно продемонстрированы зоны воздействия факельных установок на лесные экосистемы.



Рисунок 1.4 Зоны воздействия факельных установок на лесные экосистемы [20].

Факельные установки не являются единственным источником выброса загрязнений при разработке нефтяных месторождений, к их типичным источникам относятся также шламовые амбары, хранилища углеводородов, нефтеловушки и т.д. Все они создают определенные риски для здоровья населения, однако выделить какой-либо конкретный источник загрязнения и определить его вклад в общую долю рисков достаточно сложно.

Почвы, питьевая вода, растения и животные – все это может являться конечным пунктом назначения для токсичных соединений от сжигания попутного газа, через пищевые цепочки отравляющий эффект может дойти и до человека. В зоне наибольшего риска находятся коренные народы, так при загрязнении пастбищных земель значительно повышается риск заболеваемости населения.

Из-за высокой растворимости и летучести газообразных углеводородов присутствующих в попутном газе они обладают довольно небольшим токсическим воздействием с кратковременным эффектом. Однако, при смеси различных углеводородов происходит синергия их токсического эффекта, другими словами, их совокупная токсичность, значительно выше по сравнению с сумой токсичности каждого отдельного элемента. ПНГ, добываемый вместе с сернистой нефтью, обладает наиболее вредной для здоровья человека комбинацией ароматических углеводородов и сероводорода [6].

При остром отравлении сероводородом, который сам по себе является достаточно опасным нервным ядом, возможны поражения центральной нервной системы, последствия такого отравления иногда могут сохраняться до нескольких лет и проявляются в виде частой головной боли, снижения интеллектуальной активности, склонности к повышению температуры и ознобам, желудочно-кишечным заболеваниям, параличам, дистрофии миокарда и воспалениям легких. При регулярном взаимодействии с сероводородом развивается хроническое отравление, которое в свою очередь ведет к заболеванию органов дыхания, глазных яблок, малокровию, нарушениям сосудисто-вегетативного аппарата. Согласно исследованиям летучие компоненты бессернистых нефтей также обладают опасными эффектами для организма человека. В частности они приводят к увеличению риска заболевания ЦНС, органов дыхания, эндокринной системы, болезням сердца, способствуют повышению уровня заболеваемости населения гипертонией. При высокой концентрации газа в воздухе проявляются симптомы острого отравления [11].

### **1.3 Снежный покров как показатель атмосферного загрязнения**

Мысль об использовании снежного покрова при исследовании загрязнения окружающей среды уже давно посещала умы ученых. Курчатов И.В. – один из самых

выдающихся и известных физиков нашего времени еще в 1925 году провел исследовательскую работу по изучению радиоактивности снежного покрова. С середины 70-х годов прошлого века количество работ посвященных исследованию загрязнения снежного покрова стало резко расти. Многочисленные работы доказали, что снежный покров можно использовать в качестве индикатора загрязнения атмосферы. Через снежный покров можно обнаружить и измерить содержание тяжелых металлов, нитратов, сульфатов, оснований, ароматических и нефтяных углеводородов, пестицидов и других соединений, в том числе и газообразных [5].

Следует помнить, что наличие загрязнения в снежном покрове нас интересует отнюдь не из-за беспокойства за сам снежный покров. Он является природной средой, которая накапливает загрязнения из нижнего слоя атмосферы. И при снеготаянии все накопленные загрязняющие вещества попадают в другие природные среды, в основном в воду и почву.

Изучение состава и количества загрязняющих веществ в снежном покрове позволяет решать следующие научно практические задачи [16]:

- оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха за холодный период года
- определение границ районов распространения загрязняющих веществ при их выбросах в атмосферу
- выявление путей поступления поллютантов в почвы и поверхностные воды.

Загрязняющие вещества попадают в снежный покров по двум механизмам. Первый – это загрязнение снежинок, как на этапе их образования в облаках, так и при непосредственном выпадении и прохождении через загрязненный атмосферный воздух на местность, в результате происходит влажное выпадение загрязнений. Второй механизм – это загрязнение уже сформировавшегося снежного покрова путем сухого выпадения загрязняющих веществ и приземного слоя атмосферы, также определенная доля поступающих загрязнений приходится и на их приток из подстилающих почв и горных пород.

Правильный отбор проб снежного покрова должен производиться до начала периода снеготаяния – предположительно ранней весной (в зависимости от местного климата). Слоистость снежного покрова позволяет изучить динамику выпадения загрязнений за зимний сезон, в таком случае отбор проб выполняется послойно. При отборе всей толщи снежного покрова, мы будем иметь данные о выпавших загрязнениях с момента образования устойчивого покрова до непосредственного отбора пробы [16].

Использование в качестве предмета исследования снежного покрова позволяет определять суммарные характеристики загрязнений, т.е. как сухие, так и влажные

выпадения. Помимо прочего снег также перераспределяет влагу между атмосферным воздухом и поверхностью земли, так же он перемещает большое количество диспергированного материала, наиболее ярко этот эффект проявляет себя над территориями городов, в их окрестностях, около крупных промышленных сооружений [2].

Выпадение снега приводит к очищению воздуха, происходит снижение концентрации примесей в нем, загрязнения осаждаются в снежном покрове. Свою роль в загрязнение вод (поверхностных и грунтовых) при таянии снега вносят и аэрозоли, в результате чего происходит изменение химического состава вод в зоне влияния загрязненных воздушных масс [3].

Резюмируя вышесказанное, можно сказать, что снежный покров, залегающий в районах активной деятельности человека, может включать в себя большое количество разнообразных загрязняющих веществ, в том числе и с токсическими свойствами.

Из-за особенностей физического формирования снежинок, в число примесей, попадающих в снежный покров, входят мелкодисперсные частицы естественного происхождения. Они являются ядрами конденсации при образовании кристалликов льда в атмосфере. Схожим образом, снежинки, за время своего падения, могут захватывать аэрозольные промышленные выбросы, таким образом, на больших территориях вокруг промышленных объектов в снежном покрове может существенно повышаться доля тяжелых металлов, являющихся особо токсичными для обитателей водоемов [3].

Различные газы, в том числе и диоксид серы, и оксид азота, также адсорбируются на поверхности ледяных кристаллов. При окислении диоксида серы и оксида азота образуются серная и азотная кислоты соответственно. Большая концентрация серы в снежном покрове чаще всего является результатом промышленного загрязнения [4].

Пыльца, споры и споровые бактерии, выпадая из переносящих их воздушных потоков, также накапливаются в снежном покрове. Большинство из них из-за низкой температуры среды остается в инертном состоянии, однако некоторые виды грибов, водорослей и микробов являются устойчивыми к подобным температурам, т.е. являются криофилами, или же, как минимум способны существовать в активной форме в снегу при температуре приблизительно равной точке плавления.

Козин В.В. и Кузнецова Э.А. в своем исследовании [22] выделяет несколько видов загрязнения снежного покрова в результате работы нефтегазодобывающего комплекса:

1. Изменение кислотности. Согласно их данным, средние показатели рН за период с 2007 по 2009 на исследованных ими лицензионных участках понизились с 5,5 до 4,5. Однако, несмотря на общий тренд повышения кислотности, на практике существует как подкисление снежного покрова в результате выбросов продуктов сгорания с большим



содержанием оксидов серы, азота, углерода, так и подщелачивание, что обусловлено влиянием щелочных выбросов (твердых фракций сгоревшего топлива).

2. Углеводородное загрязнение. Средняя концентрация нефтепродуктов на изучаемых участках возросла в 6 раз (от 0,04 мг/дм<sup>3</sup> в 2007 г. до 0,24 мг/дм<sup>3</sup> в 2009 г.).

3. Солевое загрязнение. В нормальных условия уровень содержания хлоридов и сульфатов в северных областях РФ обычно достаточно низок. Это связано с естественными биохимическими процессами. Однако, при промышленных и хозяйственно-бытовых выбросах и сбросах, их концентрация существенно повышается.

4. Загрязнение металлами. Наблюдение за уровнем содержания тяжелых металлов в природных средах всегда стояло в приоритетных задачах при мониторинге окружающей среды, особенно в условиях развитой промышленности. В настоящее время интерес к тяжелым металлам повысился в связи с участвовавшими случаями появлением острых токсичных эффектов, вызванных в результате загрязнения системы «воздух – вода – почва – растение – человек».

#### **1.4 Выводы по главе**

В связи со многими, как экономическими, так и исторически сложившимися факторами, нефть остается основным продуктом добычи нефтегазодобывающей отрасли промышленного хозяйства, как в России, так и во всем мире. В связи с такой специализацией сопутствующий добыче нефти природный газ считается вторичным, если не сказать побочным продуктом. Из-за этого, нефтепромышленные мощности, на всех этапах от добычи нефти, до ее транспортировки и переработки, не рассчитаны на столь же полное и качественное обращение с природным газом. В его отношении действует остаточный принцип. Состав природного газа также не постоянен и меняется от месторождения к месторождению, что добавляет сложности к его использованию или утилизации. В связи с этими факторами, еще в 20 веке широко распространилась практика сжигания попутного газа, как самый простой и дешевый способ его утилизации. Однако простой путь, не всегда самый правильный. Природный газ не сгорает на 100%, особенно при несоответствующем подходе к этому, остатки загрязняют окружающую природную среду, что в некоторых случаях способно нанести прямой вред растениям, животным или человеку. Как и многие другие экологические проблемы, эта получила свое внимание лишь в последние десятилетия. Сейчас предпринимаются шаги в уменьшении доли сжигания попутного газа и увеличению процента его полезного использования, это закреплено, в том числе, и в официальных обязательствах, которые берут на себя нефтегазодобывающие компании.

Несмотря на крайне оптимистичные официальные отчеты нефтяных компаний, существует мнение, что реальная ситуация по использованию попутного газа оставляет желать лучшего. Непосредственно нефтяные компании заинтересованы в представляемых результатах, так как хорошая репутация, благотворно влияет как на имидж компании, так и на возможность получения дальнейших привилегий от государства и частных инвесторов. Некоторые независимые исследования, на основе данных дистанционного зондирования, показывают, что вопреки отчетам, реальный уровень сжигания природного газа остается практически без изменений. Кроме того, мониторинг процента использования природного газа осложняется широкой географической разрозненностью отдельных месторождений и кустовых площадок вкуче с общим устаревшим, но работающим, а потому не требующим скорой замены оборудованием.

Что касается снежного покрова, то он является своеобразным зеркалом состояния атмосферного воздуха, он скрупулезно собирает практически все виды загрязнений и терпеливо хранит их в своей толще до самого периода снеготаяния. Исследования снежного покрова позволяет не только оценить состав и количество загрязнений в воздухе за многомесячный зимний период, но так же и рассчитать объемы загрязнений попадающих через талые воды в почву и природные воды в весенний сезон снеготаяния.

## ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ РАБОТ

### 2.1 Методики исследований, объём собранного материала

Работа над диссертацией велась в период с 2017 по 2019 годы. И включала в себя как теоретические, так и эмпирические методы научного исследования. Для заложения теоретического фундамента исследовательской работы была изучена научная литература по данной теме, официальные отчеты государственных ведомств и нефтегазодобывающих компаний, тематические журналы и статьи из различных источников. Полный перечень использованной литературы и других источников, вы можете найти в соответствующем разделе в конце данной работы.

Непосредственно полевой выезд к изучаемым объектам производился в зимний период 2018 г. Первоочередной задачей исследования являлось найти факел сжигания попутного нефтяного газа, который работал бы стабильно на протяжении многих лет. Кроме того, возле этого факела должна быть проложена транспортная сеть для беспрепятственного сбора материала.

Согласно этим критериям были определены два района исследований.

Первый район - месторождение Приразломное, располагающееся в 100 км к востоку от Ханты-Мансийска. Здесь находится два факела, стоящие в непосредственной близости друг от друга (расстояние менее 100 м). На данном участке были отобраны 6 проб снега, на расстоянии от факела 500 м, 2 км, 3 км, 4 км, 6 км и 8 км соответственно (рис. 2.1). Отбор производился по преобладающему за зимний период направлению ветра, а именно по юго-восточному. Пробы получили следующие обозначения: Ф2 Т1, Ф2 Т2, Ф2 Т3, Ф2 Т4, Ф2 Т5, Ф2Т6.

Второй район исследования это месторождение Холмогорское, в 45 км к юго-западу от Ноябрьска. Здесь были отобраны 7 проб, по трем сторонам света на расстоянии от 100 до 500 метров от факела (рис. 2.2). Пробы получили обозначения: Ф1 Ю100, Ф1 Ю250, Ф1 Ю500, Ф1 В100, Ф1 В250, Ф1 В500, Ф1 3100.

Отбор проб производился с помощью штыковой лопаты. При извлечении снежного покрова из него удалялись крупные инородные включения механического происхождения (ветки, листья, кусочки мерзлого грунта). Снежная проба помещалась в специально подготовленные чистые полиэтиленовые мешки. Для предотвращения потери материала, а также его загрязнения и порчи, каждая проба была защищена дублирующим полиэтиленовым пакетом и оснащена двойным идентификатором. Всего было отобрано и обработано 13 проб снежного покрова.

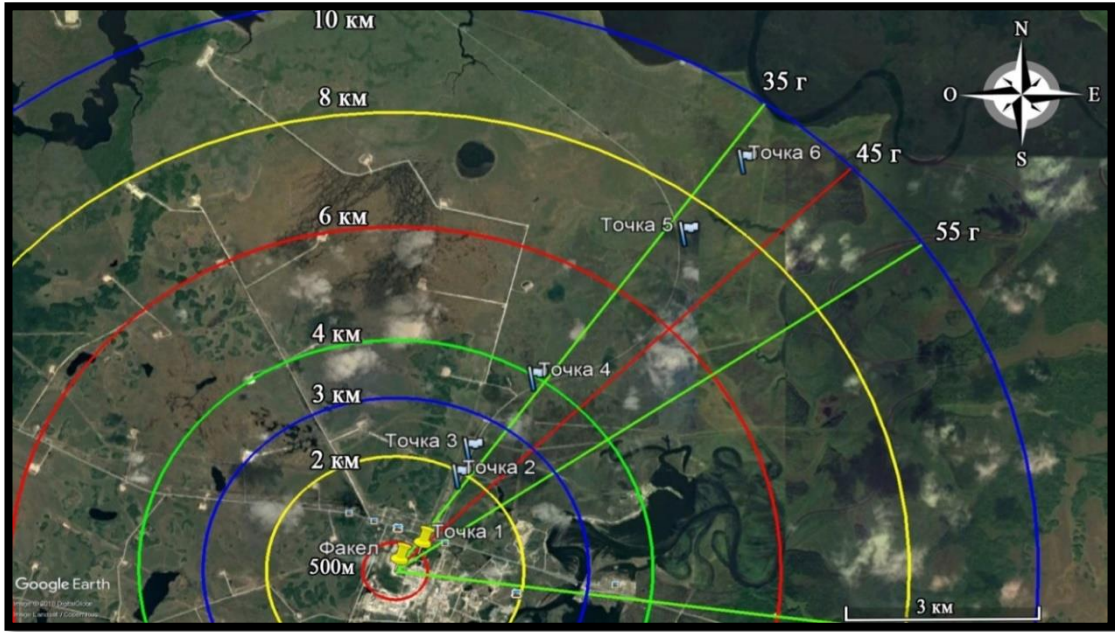


Рисунок 2.1. Схема расположения мест отбора проб вблизи факельных установок первого района исследования (Приразломное месторождение).

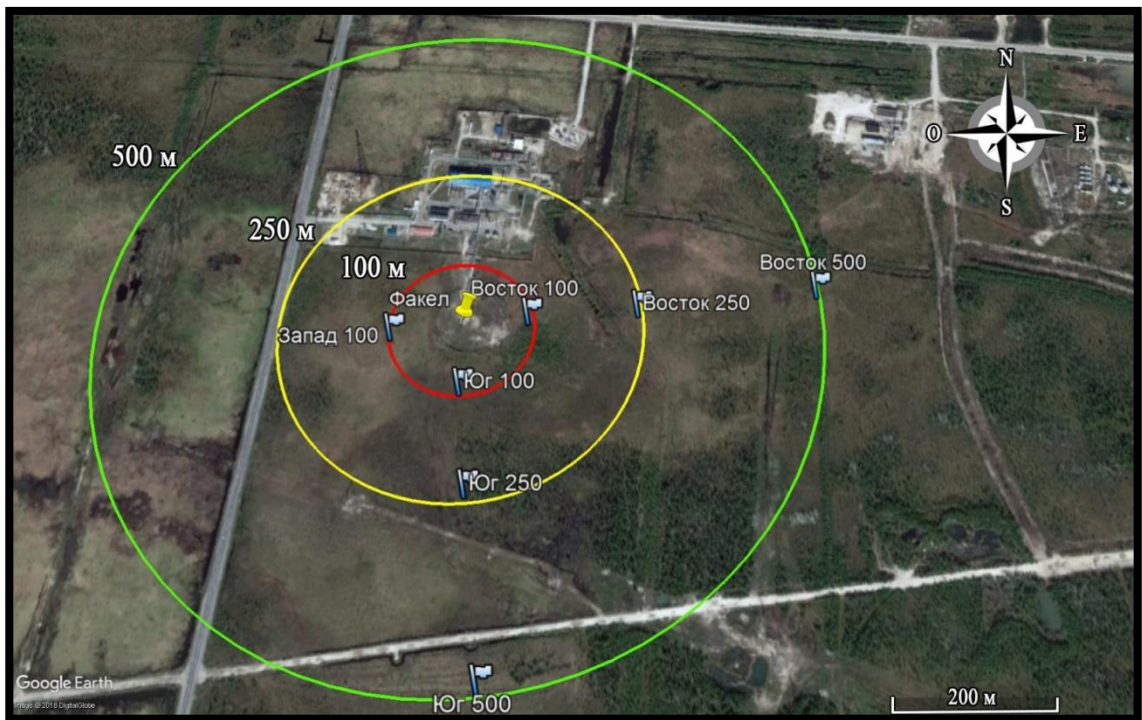


Рисунок 2.2 Схема расположения мест отбора проб вблизи факела второго района исследования (Холмогорское месторождение).

По возвращению из экспедиции в Тюмень, был немедленно следующий этап работ – лабораторный. Работа с пробами проходила в лаборатории биологических исследований НИИ экологии и рационального использования природных ресурсов ТюмГУ. Снежные пробы были помещены в чистые пластиковые контейнеры с крышкой,

которые были предварительно промыты дистиллированной водой. Таяние проходило при комнатной температуре. Сразу после полного таяния проб, нами были проведены химические анализы талой воды. Были определены следующие показатели: общее солесодержание (TDS), уровень pH, электропроводность (Es), цветность.

Далее, начался долгий процесс фильтрации проб, который из-за большого количества материала, длился около 2 недель. Растопленная проба фильтровалась через фильтр «синяя лента» и мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм. Полученные осадки сушились на воздухе. Отфильтрованная вода была разлита в полиэтиленовые бутылки в количестве, необходимом для проведения анализов. Далее она пошла на более сложный многокомпонентный химический анализ, который был выполнен студентами Института Химии ТюмГУ.

В ходе химических анализов был определен анионный состав фильтрованной талой воды, а также содержание металлов: Mn, Cr, Ni, Pb, Cu. Для определения использовали метод атомно-абсорбционной спектrophотометрии с электротермической атомизацией, прибор ContrAA-700, центр коллективного пользования ТюмГУ.

Для наглядного отображения некоторых полученных данных химического анализа проб снежного покрова, были построены схемы пространственного распределения по тому, или иному показателю или компоненту. Схемы были сделаны в компьютерном программном обеспечении ArcGIS версии 10.3 от компании ESRI, методом обратно взвешенных значений (ОВР) из набора инструментов ArcToolbox.

Для отображения географического расположения различных объектов, как например факельная установка, точка отбора проб и т.д. были построены наглядные схемы. Основой изображения являлись спутниковые снимки поверхности Земли, взятые с картографического сервиса Google Maps. Обработка этих снимков, а также их скачивание производилось с помощью приложения Google Earth Pro – другого, бесплатного проекта от компании Google.

В результате многокомпонентного анализа каждой пробы снежного покрова, в итоге мы имеем достаточно большой массив числовых данных. Для корректной и правильной работы с ним, необходимо использовать специализированные программы. Для поиска статистически значимых закономерностей, то есть, коэффициентов корреляции между значениями различных показателей использовался программный пакет для статистического анализа Statistica, от компании StatSoft. Для упорядочивания данных и работы с ними использовалась программа Microsoft Excel, от корпорации Microsoft.

## ГЛАВА 3 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

### 3.1 Географическое положение, геология и рельеф

Объектом исследования является подфакельная территория, в связи с чем, первоочередной задачей являлось найти факел сжигания попутного нефтяного газа, который работал бы стабильно на протяжении многих лет. Кроме того, возле этого факела должна быть проложена транспортная сеть для беспрепятственного доступа к нему исследователей.

Согласно этим критериям были определены два района исследований.

Первый район - месторождение, располагающееся в 100 км к востоку от Ханты-Мансийска. Здесь находятся 2 факела, стоящие в непосредственной близости друг от друга (расстояние менее 100 м). Вторым районом месторождение в 45 км к юго-западу от Ноябрьска.

Ханты-Мансийск располагается на территории Западно-Сибирской равнины, на правом берегу реки Иртыш, в 20 километрах от места слияния с рекой Обь; в природной зоне тайги.

Ноябрьск расположен на Западно-Сибирской равнине, в центральной части Сибирских Увалов, на водоразделе рек Обь и Пур. Город находится в природной зоне тайги, окружён многочисленными мелкими озёрами, реками и болотами.

Таежные ландшафты в сочетании с болотными занимают около 75% территории Тюменской области, простираясь от 58° до 66° с.ш. Они развиты на равнинах различного происхождения. На севере они расположены на морских и ледово-морских равнинах средне- и верхне-плейстоценового времени, в центральных частях водно-ледниковых и ледниковых равнин, относящихся к тому же возрасту. В сложении всех равнин принимают участие глины, пески, суглинки, залегающие горизонтально, но также, встречаются случаи их переслаивания по профилю. Иногда в северных районах и в Приуралье выходят горные породы коренной основы [21].

Согласно физико-географическому районированию Тюменской области по Гвоздецкому Н.А. первый район исследования относится к лесной равнинной широтно-зональной области, Сургутской провинции. Вторым – к провинции Сибирские Увалы.

Сургутская провинция расположена в центральной части Западно-Сибирской равнины к северу от широтного отрезка долины реки Оби между реками Лямин (на западе) и Аган (на востоке). Здесь расположена Сургутская низменность, сложенная мощными озерно-аллювиальными отложениями. Они представлены средне- и

тонкозернистыми песками с отчетливо выраженной горизонтальной слоистостью, почти повсеместно перекрытыми толщей верхнечетвертичных озерно-болотных отложений, среди которых встречаются торфяники мощностью более 10 м.

В пределах провинции наблюдаются незначительные колебания высот и понижение в сторону Оби. Средняя высота поверхности 70-80 м. На десятки километров тянется плоская низина, на которой располагаются заболоченные массивы с обилием озер. Болота имеют очень широкое развитие, и заболоченность провинции составляет более 80%. Крупные болотные массивы имеют в центре хорошо выраженное горизонтальное плато, занимающее около половины долины профиля. На нем находится масса вторичных озер и обширных сильно обводненных мочажин, что создает озерковый комплекс. Он особенно хорошо выражен на междуречье Пима и Тромъегана. Озера и мочажины разделены узкими грядами со сфагново-пушицево-кустарничковой растительностью и угнетенной сосной. По склонам болотных систем кольцом располагаются грядово-мочажинные комплексы [21].

Провинция Сибирские Увалы, где находится второй район исследования, расположена в среднетаёжной подзоне и представляет собой слабовыпуклую водораздельную поверхность между заболоченными бассейнами правых притоков широтного течения Оби, Надыма и Пура. В восточной части она имеет равнинный характер и сильно заболочена, в западной – всхолмленный рельеф и негустые леса. Преобладают ландшафты пологоволнистой равнины с сосново-лиственничными и кедрово-сосновыми лишайниковыми лесами на подзолисто-иллювиально-гумусовых почвах, подстилаемых песчаными породами, и еловыми и осиново-березовыми травяно-моховыми лесами на торфяно-подзолисто-глеевых почвах.

### 3.2 Климат

На севере до широты Сибирских Увалов развита вечная мерзлота, южнее она встречается островами и с широты низовьев реки Демьянки почти совершенно исчезает.

Атмосферное увлажнение обусловлено в основном западным переносом воздушных масс атлантического происхождения. Влияние же континента выражается в частой повторяемости антициклональной погоды и интенсивной трансформации воздушных масс в течение всего года. В связи совокупным противодействием этих факторов в пределах области наблюдаются сильные ветры и большая изменчивость погоды. Наибольшей циклоничностью отличается ее северная часть, где преобладает повторяемость циклонов арктического фронта.

Вогнутая поверхность низменности в центральных частях, наличие в пределах области замкнутых низин способствует стеканию сюда холодного воздуха. С этим связано сильное выхолаживание и заморозки в пониженных местах, возможные на протяжении почти всего лета. Заметное влияние на местный температурный режим оказывают также большие реки и озера. В крупных озерных котловинах и речных долинах наблюдаются более сглаженный ход суточной и годовой температуры воздуха и продолжительный безморозный период.

Из местных факторов существенное влияние на климатические особенности таежной зоны оказывают геоморфологические условия, а также обширные болота и озера. Влияние болот и озер наиболее значительно при формировании теплового режима в весенний период, в начале лета и отчасти осенью. Весной и в начале лета разлившиеся реки, озера и болота образуют сплошные водные пространства, над которыми увеличивается радиационный баланс. Водные пространства обуславливают замедленное весеннее повышение температуры и влажности воздуха.

### **3.3 Гидрографическая сеть**

Через таежную зону протекают реки Обь, Иртыш, Пур, Таз, Надым, Казым, Северная Сосьва, Конда, Демьянка и многие другие. Однако речную сеть здесь нельзя назвать густой. Не смотря на обилие рек, очень большие пространства этой зоны не дренированы, поэтому на междуречьях много озер и особенно болот (более 45% территории занято болотами).

Примерно до 25% (до широты Северных Увалов) площади таежной зоны характеризуется развитием вечной мерзлоты, залегающей с глубины 50 см на севере и 2-3 м на юге. На легких грунтах мощность сезонно-талого слоя на всех широтах примерно в 2 раза больше, чем на суглинистых и глинистых, особенно если на них развит сфагновый покров. Мерзлота играет роль водоупора для грунтового стока. Поэтому в зоне развития вечной мерзлоты очень высокие значения поверхностного стока (в особенности весеннего).

Согласно данным Е.И. Куприяновой (1967), исследовавшей водный бассейн Западной Сибири, в северной подзоне тайги и лесотундре поверхностный сток достигает наибольших значений. Так из выпадающих здесь в среднем 480 мм осадков за год на поверхностный сток расходуется 180 мм, на испарение 220 и только 80 мм идет на подземный сток. В средней тайге соотношение элементов водного баланса изменяется за счет увеличения испарения и уменьшения поверхностного стока, несмотря на большее атмосферное увлажнение. За год здесь выпадает в среднем 500 мм, из них на



поверхностный сток приходится всего 100 мм, на испарение – 330 мм, на подземный сток – 70 мм. В южной подзоне тайги и в подтайге уменьшается количество осадков до 400 мм, возрастает испарение и уменьшается поверхностный и подземный сток [15].

Возвращаясь, к характеристике Сургутской провинции, следует сказать, что обязательным элементом ландшафта заболоченных пространств являются многочисленные озера разной формы и величины. Характерную особенность их составляет небольшая глубина (до 1,5-2 м) при значительных размерах площади.

Рельеф низменности разнообразят долины многочисленных небольших рек, протекающих, как правило, с севера на юг. Речная сеть врезана неглубоко (не более 15 м). Протекая по песчаным отложениям и имея незначительный уклон, они интенсивно меандрируют, в долинах рек отчетливо выражены пойма и местами надпойменная терраса, приустьевые участки обычно дренированы. Главные реки провинции – Лямин, Пим, Троммъеган и Аган. Это реки с небольшими уклонами, сильно меандрируют, со скоростями течения 0,5-0,7 м/с. Они замерзают в первой половине ноября. Половодье в мае, иногда затягивается до июля. Летом проходят дождевые паводки [15].

### **3.4 Почвенный и растительный покров**

В тесной зависимости от условий теплообеспеченности, степени увлажнения, дренирования, водно-физических свойств грунтов и их механического состава находится распределение почв и растительности в пределах лесной зоны.

Север лесной зоны равнинной области занят редкостойной лиственничной и елово-лиственничной тайгой. В кустарниковом ярусе растет ерник. Напочвенный покров образован лишайниковыми, реже зелеными мхами. На водоразделах чаще наблюдается плоско- и крупнобугристые болота с кустарничко-сфагновым или лишайниковым покровом.

Согласно данным исследовательских работ Л.С. Долговой и И.П. Гавриловой (1969) [9], под северной редкостойной тайгой на суглинках развиты таежно-поверхностно-глеевые почвы. На песчаных отложениях формируются иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые подзолы.

Южнее распространения сплошной вечной мерзлоты простираются среднетаежные леса, отличающиеся более развитым древесным ярусом. Возвышенные увалистые равнины заняты лиственнично-сосновым и лиственнично-еловыми зеленомошными и лишайниковыми лесами. Часто встречаются (особенно в правобережье Оби) кедрово-сосновые зеленомошные леса. Под этими лесами развиты подзолисто-иллювиально-глееватые почвы, или же в случае грунтов легкого механического состава –

иллювиально-железистые подзолы. На плоских равнинах, особенного суглинистого сложения, произрастают еловые, елово-кедровые леса на подзолисто-элювиальных почвах и торфянисто-подзолисто-глееватых почвах. На достаточно дренированных увалистых равнинах встречаются еловые и кедрово-еловые леса на слабо-торфянистых подзолистых почвах [9].

По мере продвижения вглубь водораздела сначала появляются долгомошные еловые леса, а затем – сфагновые на торфяно-подзолисто-глеевых почвах. Недренированные междуречные равнины заняты бугристыми или чаще грядово-мочажинными и грядово-озерковыми болотами. Встречаются рямы и согры.

Ландшафты дренированных территорий Сургутской провинции занимают всего около 20%. Это пологоволнистые равнины с сосновыми бруснично-зеленомошными лесами на сильноподзолистых песчаных и супесчаных почвах. В древостое сосновых бруснично-зеленомошных лесов преобладает сосна, принимает участие береза, лиственница, кедр. Леса III-IV бонитета, сомкнутость крон 0,6-0,7. Подлесок редкий из рябины, шиповника, можжевельника. Травяно-кустарничковый ярус состоит из брусники, черники, майника. Покрытие мхами 80-90% [9].

На гривах и по борovým террасам рек встречаются бруснично-лишайниковые сосновые боры с очень редким подлеском из ивы и шиповника. Боры нарушены частыми пожарами. Покрытие брусникой доходит до 50-60%. Под этими лесами формируются сильноподзолистые песчаные почвы.

К центральным частям междуречий сосновые боры сменяются сосново-сфагновыми, переходящими в рямы, а затем грядово-мочажинными комплексами.

### **3.5 Условия залегания снежного покрова в районах исследования**

Первый район - месторождение Приразломное, располагающееся в 100 км к востоку от Ханты-Мансийска.

Основным источником информации будет научно-прикладной справочник по климату СССР [16]. Данные в нем были вычислены за период с 1891 по 1980 годы. Крайние даты выбраны из рядов наблюдений не менее 20 лет. Статистические ошибки расчетов составляют 0,8-0,9 дня. Ближайшая метеостанция к первому району исследования это метеостанция Сытомино, по ее данным мы будем судить о характеристиках снежного покрова в изучаемом районе, все приводимые значения являются средними.

Снежный покров существует на протяжении 199 дней в году. Начало его появления это 4 октября, устойчивым же он становится к 21 числу того же месяца.

Разрушение снежного покрова начинает происходить 27 апреля, полный же сход снега фиксируется 15 мая. Высота снежного покрова в конце первой и второй декады апреля составляет 62 см и 48 см соответственно. Полевой выезд с целью отбора проб снега возле факелов, был произведен в период с 12 по 21 апреля 2018 года.

Второй район исследования это месторождение Холмогорское, в 45 км к юго-западу от Ноябрьска. Для этого района мы будем использовать данные с метеостанции Нумто.

Снежный покров существует на протяжении 218 дней в году. Начало его появления это 2 октября, устойчивым же он становится к 11 числу того же месяца. Разрушение снежного покрова начинает происходить 10 мая, полный же сход снега фиксируется 18 мая. Высота снежного покрова в конце первой и второй декады апреля составляет 66 см и 58 см соответственно.

Как мы видим из статистических данных за многолетний период наблюдений, снежный покров устойчиво существует почти 200 и более дней в году в обоих районах исследования, кроме того условия и характер выпадения осадков способствует накоплению снега, в результате чего его мощность значительно превышает 50 сантиметров.

### **3.6 Выводы по главе**

В целом, природно-климатические условия обоих районов исследования, являются типичными для таежной зоны Западной Сибири, а именно – высокая влажность, большое количество осадков, плохое дренирование территории, из-за чего основным элементом ландшафта являются болота различных типов и небольшие озера. Подобный тип территории тяжел для освоения и передвижения большинства видов транспорта. Неравномерная сеть автодорог и зимников ведут в основном лишь к различным частям нефтегазодобывающего комплекса.

Так же стоит сказать о залегании снежного покрова, который устойчиво существует большую часть года. В связи с этим, он является превосходным объектом для изучения загрязнений атмосферного воздуха, так как сохраняет в себе всю полноту картины осаждающихся загрязнений, вне зависимости от периодического усиления или ослабления интенсивности сжигания попутного газа на факельных установках.

## **ГЛАВА 4 ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПРИ ФАКЕЛЬНОМ СЖИГАНИИ ПОПУТНОГО ГАЗА ПРИ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧЕ В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

### **4.1 Пространственные характеристики ореола загрязнения снежного покрова в районе действующего факела**

Основное промышленное значение территории Западной Сибири заключается в добыче углеводородов, являющихся важнейшим энергетическим ресурсом на современном этапе развития общества. Однако, имеющиеся на данный момент технологии, не позволяют эффективно использовать все компоненты добываемого углеводородного сырья. С экономической точки зрения, наиболее рациональным решением является утилизация неиспользуемых компонентов (попутный нефтяной газ) путем сжигания их на факельных установках. При этом сжигание не является полным, в результате чего, факел является источником выброса в атмосферу различных загрязнителей. Цель этой работы заключается в изучении загрязнений атмосферного воздуха вблизи факельных установок. Объектом наблюдения был выбран снежный покров, аккумулирующий загрязнения атмосферного воздуха, на протяжении большей части года.

Первоочередной задачей исследования являлось найти факел сжигания попутного нефтяного газа, который работал бы стабильно на протяжении многих лет. Кроме того, возле этого факела должна быть проложена транспортная сеть для беспрепятственного сбора материала.

Согласно этим критериям были определены два района исследований.

Первый район – месторождение Приразломное, располагающееся в 100 км к востоку от Ханты-Мансийска. Вторым районом это месторождение Холмогорское в 45 км к юго-западу от Ноябрьска.

В первом районе исследования находятся два близкорасположенных друг к другу факела сжигания ПНГ. Был произведен отбор проб снежного покрова, по преобладающему за зимний период направлению ветра – юго-западному.

Предположительно, наиболее интенсивный выброс загрязняющих веществ возможен вблизи факельных установок.

Для всех проб определяли рН и удельную электропроводность. Результаты представлены в виде таблицы 1.

Таблица 1. Водородный показатель и электропроводность проб.

Шифр пробы	pH	УЭП (мкСм/см)
Ф1 Т1	5,85	22,3
Ф1 Т2	6,17	23
Ф1 Т3	5,91	17,1
Ф1 Т4	5,74	15,9
Ф1 Т5	6,33	13,9
Ф1 Т6	6,21	13
Ф2 Ю 100	5,51	15,5
Ф2 Ю 250	5,73	19,1
Ф2 Ю 500	6,05	28,5
Ф2 В 100	5,72	11,4
Ф2 В 250	6,1	16,9
Ф2 В 500	6,02	22,3
Ф2 З 100	6,07	17,3

В пробах подфакельных территорий pH имеет значение в интервале от 5,85 до 6,33, то есть снег щелочной и скорей всего загрязнен оксидами металлов и другими веществами.

Наблюдается повышение pH показателя по мере удаления от факела на втором участке исследования. Это может объясняться особенностью распределения выпадающих веществ с учетом высоты самого факела (рис. 4.1).

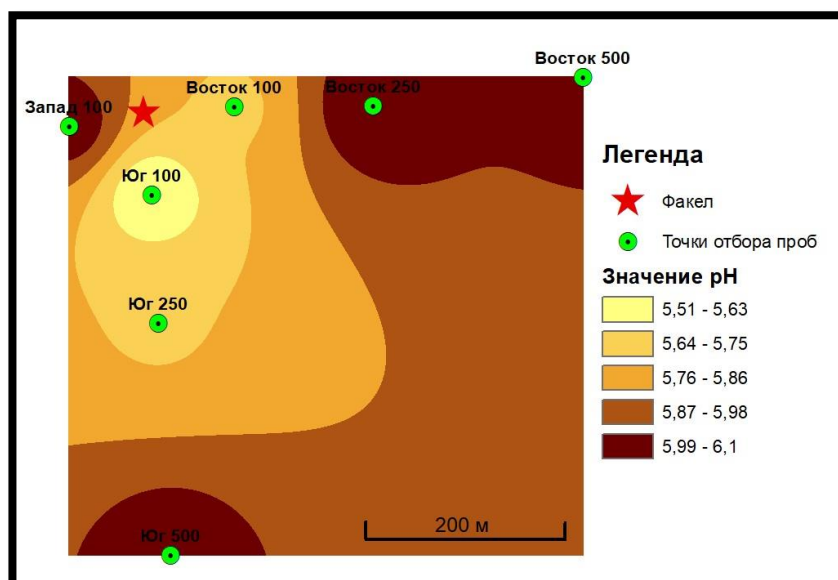


Рисунок 4.1. Схема распределения pH показателя по площади, второй район исследования .

Электропроводность талого снега является интегральной характеристикой общего содержания солей. В пробах, где содержится значительное количество водорастворимых солей, электропроводность наибольшая.

Для наглядности отображения значений УЭП, были построены схемы их распределения по площади (рис. 4.2, рис 4.3).

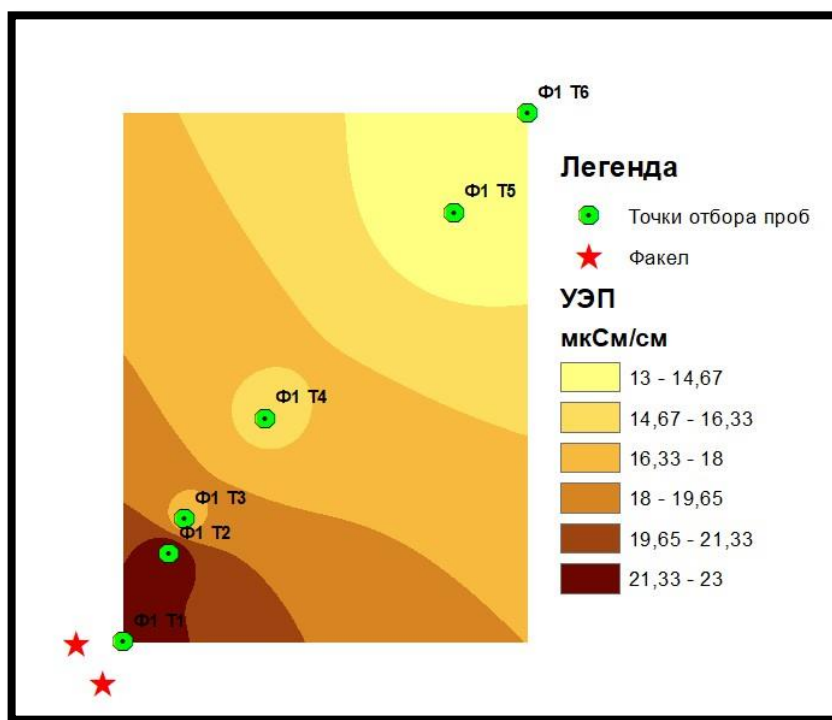


Рисунок 4.2 Схема распределения параметра УЭП по площади, первый район исследования.

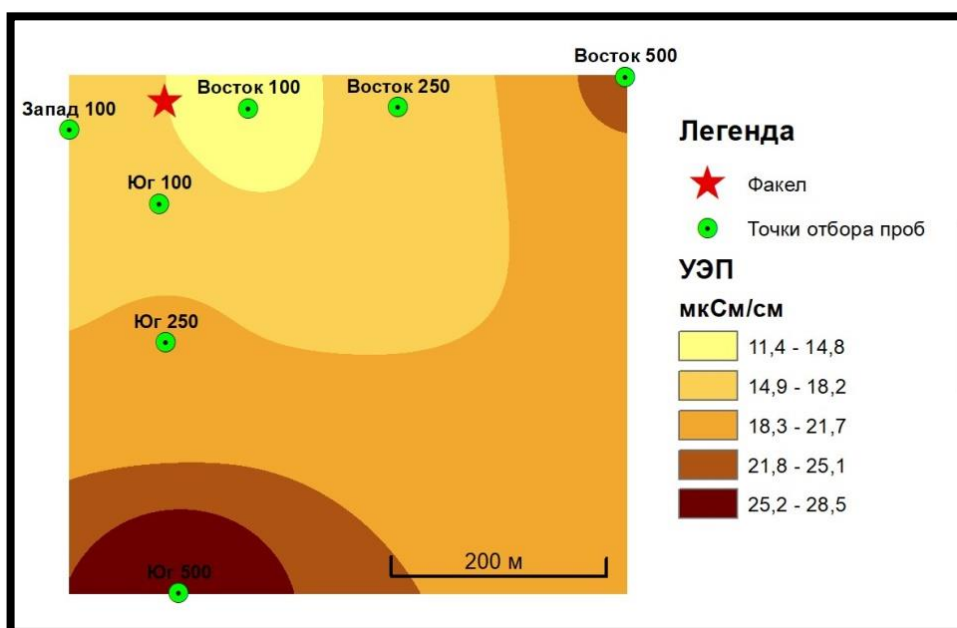


Рисунок 4.3 Схема распределения параметра УЭП по площади, второй район исследования.

Как видно из табличных данных по УЭП в пробах снежного покрова и представленных графических схемах, параметр удельной электропроводности изменяется в зависимости от расстояния до факела. На рисунке 3 мы видим, что параметр УЭП падает в количественном выражении, по мере удаления от факелов. При этом, его максимальные значения этого показателя наблюдаются в точке отбора проб Ф1 Т1 и Ф1 Т2, которые находились в 0,5 и 2 км от факелов, соответственно. На рисунке 4, мы наблюдаем обратную картину, параметр УЭП нарастает по мере удаления от факела, и достигает максимума своего значения в точках Юг 500 и Восток 500, что соответствует расстоянию от факела в 500 метров.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что содержание солей в снежном покрове, в связи с выбросом и осаждением загрязнений от факела, достигает своего максимального значения на расстоянии от 500 до 2000 метров, от факела.

#### **4.2 Качественная и количественная характеристика загрязнения снежного покрова от факела**

Вследствие отсутствия ПДК для снежного покрова, концентрация загрязняющих веществ оценивается в сравнении с накопленными рядами наблюдений, в том числе со средними региональными значениями (СРЗ). Так как мы имеем два пространственно удаленных друг от друга объекта наблюдения (факела на Приразломном и Холмогорском месторождениях), а также для полноты картины анализа данных, мы будем сравнивать полученные нами значения содержаний определяемых элементов в пробах снежного покрова с двумя различными СРЗ. Для первого участка исследования, а именно месторождения Приразломное, мы будем использовать СРЗ по ХМАО. Для второго участка исследования – по ЯНАО.

СРЗ по ХМАО были получены в результате мониторинга снежного покрова на территории автономного округа в 2007-2010 годы. Кроме того, мы так же сравним наши данные с данными собранными и отправленными предприятиями нефтегазодобычи на лицензионных участках.

В зимний период 2016-2017 гг. состояние атмосферного воздуха также оценивалось по результатам геохимического опробования снежного покрова. В соответствии с требованиями к ведению локального экологического мониторинга в границах лицензионных участков недр проводились определения 13 загрязняющих веществ.

В 2017 г. протоколы КХА загрязняющих веществ в снеговом покрове представили 48 предприятий по 312 лицензионным участкам. Измерения проводились в 835 пунктах

мониторинга, количество измерений составило 10 855, что на 7% измерений больше, чем в 2016 году.

СРЗ по ЯНАО были получены в результате обработки исходных данных экологического мониторинга Ямало-Ненецкого автономного округа, проводимого в 2010-2014 гг. на мониторинговых полигонах. Определение естественных (региональных фоновых) концентраций загрязняющих веществ в пробах поверхностных вод, снега, почв, растений выполнялось на основании статистической обработки данных наблюдений на постоянных пробных площадках 15 мониторинговых полигонов, заложенных на территории Ямало-Ненецкого автономного округа в течение 5 лет. Для нашей работы – особенно интересна площадка VII, расположенная в южной части Пуровского района, восточнее г. Ноябрьск, в бассейне р. Апакапур. Данная площадка является ближайшей к изучаемому нами факелу №2. Полученные данные с этой мониторинговой площади легли в основу для составления таблицы средних региональных значений контролируемых компонентов по Пуровскому району.

И в том, и в другом случае, нас интересуют данные о содержании загрязняющих веществ в снежном покрове. Для наглядности и более легкого восприятия информации, мы будем редактировать исходные таблицы СРЗ по ХМАО (табл. 2) и ЯНАО (табл. 3), удаляя из них компоненты, которые мы не изучали в ходе данной работы, а также другие, не интересующие нас данные. Также мы поменяем размерности, там, где это необходимо, для удобного сравнения данных.

Таблица 2. Среднее содержание загрязняющих веществ в пробах снежного покрова в 2013-2017 гг. на территории ХМАО (фрагмент).

Показатель	СРЗ	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Тенденция
рН, ед. рН	5,6	5,5	5,4	5,6	5,7	5,4	уменьшение
Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>	0,19	1,66	1,40	1,65	1,1	1,0	уменьшение
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	1,18	1,67	1,54	1,51	1,2	1,3	уменьшение
Хлорид-ион, мг/дм <sup>3</sup>	4,53	1,34	1,47	1,88	1,5	1,7	увеличение
Свинец, мкг /дм <sup>3</sup>	2	2	5	11	3	3	стабилизация
Марганец, мкг/дм <sup>3</sup>	5	10	11	10	10	40	увеличение
Никель, мкг/дм <sup>3</sup>	2	2	4	3	2	2	стабилизация
Хром, мкг/дм <sup>3</sup>	2	5	6	6	5	5	стабилизация



Таблица 3. Средние региональные значения содержания контролируемых компонентов в пробах снега при оценке состояния и уровня загрязнения окружающей среды на территории ЯНАО (фрагмент).

Район	Pb мкг /дм <sup>3</sup>	Mn мкг /дм <sup>3</sup>	Cu мкг /дм <sup>3</sup>	Cr (VI) мкг /дм <sup>3</sup>	Ni мкг /дм <sup>3</sup>	Содержание анионов		
						Cl <sup>-</sup> мг/дм <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> мг/дм <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> мг/дм <sup>3</sup>
Пуровский район	8	14	7	8	3,3	0,7	0,57	1,37

Результаты анионного состава отобранных образцов снега представлены в таблице 4.

Таблица 4. Содержание анионов в пробах снега

Шифр пробы	Содержание анионов (мг/л)		
	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Ф1 Т1	1,871±0,299	1,530±0,230	4,985±0,748
Ф1 Т2	2,635±0,395	1,862±0,298	6,351±0,953
Ф1 Т3	2,279±0,342	1,302±0,195	4,215±0,632
Ф1 Т4	2,302±0,345	1,627±0,244	4,893±0,733
Ф1 Т5	2,170±0,347	1,413±0,212	2,816±0,422
Ф1 Т6	1,992±0,319	1,468±0,220	3,79±0,606
Ф2 Ю 100	1,259±0,189	1,277±0,192	3,379±0,507
Ф2 Ю 250	1,153±0,173	1,543±0,247	2,422±0,363
Ф2 Ю 500	1,807±0,271	1,909±0,305	4,863±0,729
Ф2 В 100	1,084±0,163	1,185±0,178	2,746±0,345
Ф2 В 250	1,286±0,193	1,707±0,256	5,321±0,798
Ф2 В 500	1,993±0,319	1,847±0,277	7,764±1,154
Ф2 З 100	1,033±0,103	1,112±0,167	3,62±0,543

В пробах, отобранных у факельных установок, содержание нитрат-ионов часто превышает фоновые СРЗ. Для ХМАО и ЯНАО это показатель равен 0,19 и 1,37 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Стоит отметить тот факт, что столь низкие СРЗ в ХМАО превышаются повсеместно, не только в нашем исследовании, но и согласно официальным отчетам нефтяных компаний, работающих на месторождениях нефти и газа (см. табл. 2). Максимальное наблюдаемое превышение в 1,39 раз больше среднего регионального

значения по Пуровскому району. Наибольшее превышение наблюдается в пробах Ф1 Т2, Ф2 Ю500 и Ф2 В500.

Среднее региональное значение контролируемых компонентов по сульфат-ионам равно 1,18 мг/дм<sup>3</sup> в ХМАО и 0,57 мг/дм<sup>3</sup> в ЯНАО. Превышение по сульфат-ионам в пробах подфакельных территорий составляет от 4,28 до 13,62 раз, если сравнивать с СРЗ ЯНАО. Однако, даже с более мягкими значениями по ХМАО, наблюдается превышение нормативов в несколько раз.

Содержание хлорид-ионов во всех пробах подфакельных территорий варьируются в небольшом диапазоне от 1 до 2,6 мг/дм<sup>3</sup>. Эти значения ниже, чем СРЗ по ХМАО. Кроме того, подобные значения в целом характерны для снежного покрова на месторождениях, по данным последних нескольких лет. Если же за точку отсчета брать СРЗ по ЯНАО (0,7 мг/дм<sup>3</sup>), то все пробы превышают их от 1,47 до 3,76 раза.

Таким образом, хотя явной пространственной закономерности в распределении загрязнений по содержанию анионов в снежном покрове нам выявить не удалось, можно уверенно сказать, что превышения их концентраций, по сравнению с региональными нормативами, используемыми в ХМАО и ЯНАО, объясняется влиянием факельных установок. Четко фиксируются превышения по нитрат- и сульфат-ионам.

В пробах талого снега, после фильтрования было определено содержание металлов: Mn, Cr, Ni, Pb, Cu. Для определения использовали метод атомно-абсорбционной спектрофотометрии с электротермической атомизацией, прибор ContrAA-700, центр коллективного пользования ТюмГУ. Результаты анализа сведены в таблицу 5.

Таблица 5. Содержание металлов в пробах снега

Шифр проб	С, (мкг/л)				
	Mn	Cr	Ni	Pb	Cu
Ф1 Т1	5,27	0,5	1,06	0,45	0,17
Ф1 Т2	7,52	0,23	1,85	0,72	1,92
Ф1 Т3	12,79	0,68	1,32	0,4	2,22
Ф1 Т4	15,57	0,54	0,82	0,28	1,23
Ф1 Т5	9,14	0,48	1,13	0,45	1,61
Ф1 Т6	6,18	0,32	1,07	0,48	1,82
Ф2 Ю 100	6,3	0,26	0,73	0,43	1,25
Ф2 Ю 250	5,4	0,18	1,05	0,32	0,99
Ф2 Ю 500	10,8	0,39	1,52	0,52	1,51

Продолжение таблицы 5.

Ф2 В 100	11,9	0,27	1,16	0,28	0,74
Ф2 В 250	4,91	0,33	1,61	0,48	1,56
Ф2 В 500	8,56	0,59	2,01	0,65	2,21
Ф2 З 100	6,34	0,5	0,74	0,33	1,17
СРЗ по ХМАО/ЯНАО	5/14	2/8	2/3,3	2/8	*/7

Определяемые компоненты в целом находятся в норме и не превышают средние региональные значения. Единственное превышение можно зафиксировать, по отношению к марганцу. Согласно СРЗ по ХМАО, почти во всех пробах снежного покрова содержание этого элемента превышает фоновый уровень и больше его в среднем в 1,7 раз. Однако, если руководствоваться нормами ЯНАО, то превышения нет вовсе. Как и в случае с содержанием хлорид-ионов в пробах снежного покрова, мы получаем разные результаты, в зависимости от того, на какие средние региональные значения равняемся. Поэтому, мы не будем утверждать однозначно о наличии загрязнения снежного покрова этим элементом. Если загрязнение и имеет место быть, то оно не большое, и не влияет критически на окружающую природную среду.

Кроме того, был произведен корреляционный анализ, по значениям содержания анионов и тяжелых металлов. А таблице 4 приведены значимые коэффициенты корреляции между определяемыми элементами, по программному обеспечению Statistica.

Таблица 6. Значимые коэффициенты корреляции.

Компонент 1	Компонент 2	Корреляция
УЭП	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,73
УЭП	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,59
УЭП	Pb	0,57
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,73
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ni	0,74
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Pb	0,7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ni	0,75
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Pb	0,75
Ni	Pb	0,8
Ni	Cu	0,57

В результате корреляционного анализа были выявлены некоторые закономерности между содержаниями определяемых в пробах компонентов (рис. 4.4, 4.5).

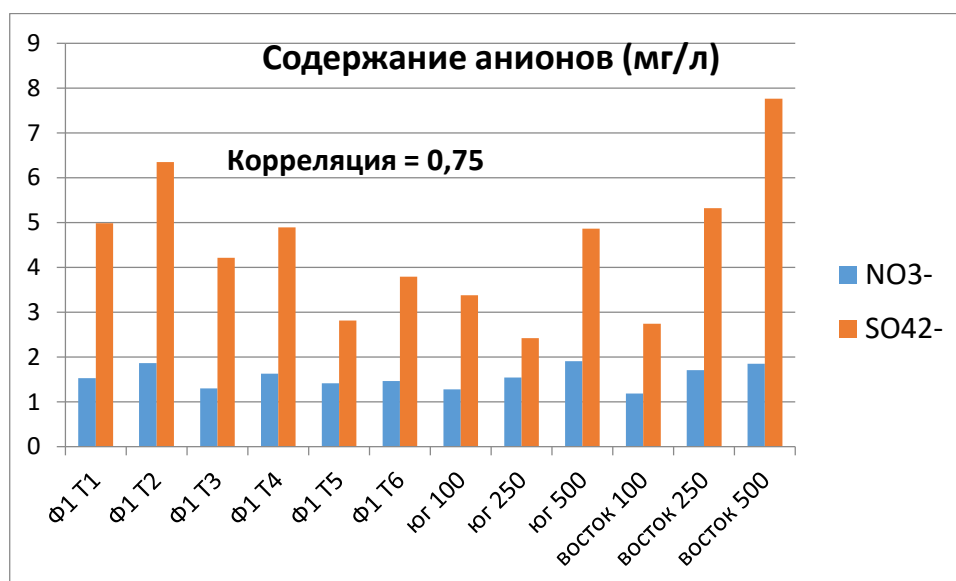


Рисунок 4.4 Корреляция рядов содержания нитрат- и сульфат-ионов.

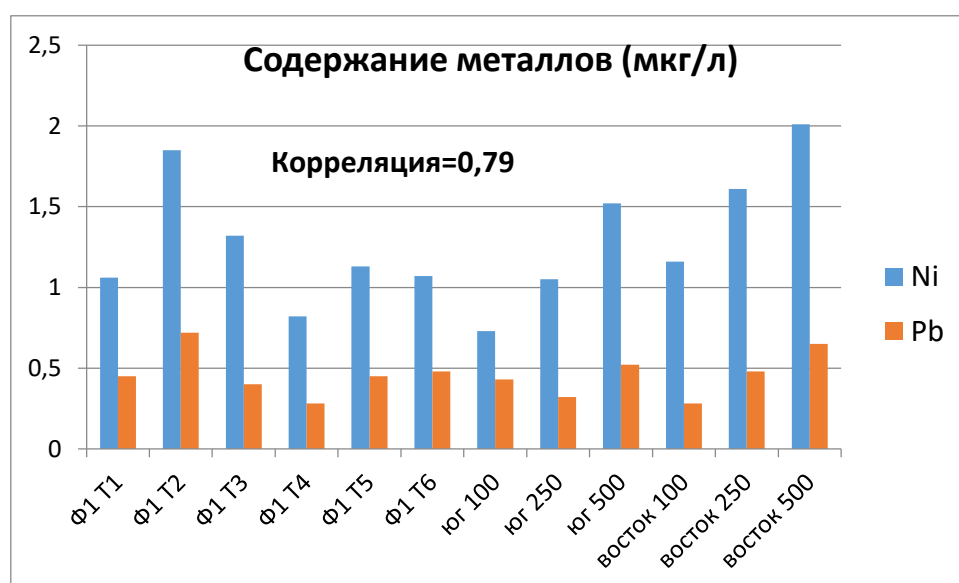


Рисунок 4.5 Корреляция рядов содержания никеля и свинца.

Также, была обнаружена взаимосвязь между содержанием сульфат иона ( $SO_4^{2-}$ ) в пробах снега с содержанием в них никеля и свинца. Рассчитанный коэффициент корреляции составил 0,76 и 0,74 соответственно. Для элементов с наиболее высокими показателями корреляции, мы сделали схему с наглядным визуальным отображением взаимосвязи между ними (рис. 4.6).

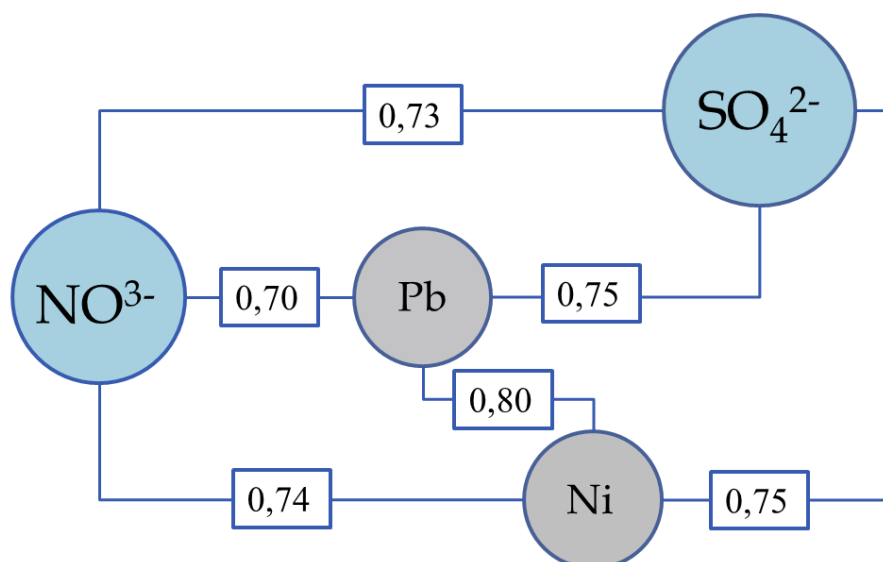


Рисунок 4.6. Схема корреляции концентраций определяемых компонентов в снежном покрове.

Таким образом, мы можем сделать предположение, что определенные загрязнители, а именно нитрат- и сульфат-ионы, а также никель и свинец, взаимосвязаны и обусловлены одним фактором. Это может быть либо непосредственное загрязнение от сжигания ПНГ, либо же от нефтегазодобывающего комплекса в целом.

#### 4.3 Выводы по главе

Обобщая результаты работы, представленные в этой главе, можно остановиться на четырех выводах, а именно:

1. Наиболее интенсивное осаждение загрязнений, выбрасываемых в атмосферу при сжигании ПНГ, происходит на расстоянии в пределах от 500 до 2000 м от факела.
2. СРЗ не дают исчерпывающей информации о наличии или отсутствии загрязнений в снежном покрове.
3. Повышение концентрации тяжелых металлов в снежном покрове, в результате воздействия факельных установок, не обнаружено, их количества не превышает фоновых значений. Выявлено загрязнение снежного покрова сульфат- и нитрат-ионами.
4. Существуют взаимосвязанные группы химических соединений и элементов, что может свидетельствовать о едином источнике и пути попадания загрязняющих веществ в ОС.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение, хотелось бы еще раз подвести итоги по каждой главе этой работы, дать свою оценку этого исследования в целом.

1. Проблема утилизации попутного газа берет свое начало в советской нефтяной промышленности, где его добыча, использование и утилизация была второстепенной задачей, по сравнению с добычей нефти. Положение дел осложняется мировыми ценами на энергоресурсы, общим устареванием материально-технической базы, требующей обновления, широкой географической раздробленностью отдельных месторождений, а также климатическими особенностями регионов нефтедобычи. Не смотря на то, что в последние годы наметилась устойчивая тенденция к повышению доли полезного использования ПНГ, проблема не перестает быть актуальной. Человеческий фактор, неточность приборов учета и завышение показателей вносят определенные сложности в определении реального масштаба сжигания попутного газа. Множество факелов продолжают гореть и по сегодняшний день, выбрасывая целый комплекс загрязняющих веществ в атмосферу. Снежный покров же, благодаря своим свойствам, как и десятки лет назад, является прекрасным объектом исследования при изучении уровня загрязнения атмосферного воздуха.

2. В ходе данной работы был проведен полевой выезд к двум районам с действующими факелами. Всего было отобрано и проанализировано 13 проб снежного покрова, а результаты химических анализов соответствующим образом интерпретированы. Сделано большое количество графического материала, наглядно иллюстрирующего табличные данные и результаты исследования. При работе использовалось специализированное программное обеспечение, такое как ArcGIS и Statistica, также использовались данные с сервиса Google Maps.

3. Природно-климатические условия обоих районов исследования, являются типичными для таежной зоны Западной Сибири. Снежный покров, устойчиво существует большую часть года. В связи с этим, он является превосходным объектом для изучения загрязнений атмосферного воздуха, так как сохраняет в себе всю полноту картины осаждающихся загрязнений.

4. На основе результатов химических анализов, отобранных нами проб снега, мы выявили закономерность в изменении количества загрязняющих веществ в снежном покрове в зависимости от расстояния до факела. Кроме того были обнаружены существенные недостатки в распространенной экологической практике использования средне-региональных значений уровня загрязнений для снежного покрова.

Целью данной работы являлось выявить загрязняющий эффект оказываемый работающими факелами на окружающий снежный покров. Не смотря на достаточно ограниченные собственные материальные и человеческие ресурсы, мы сумели собрать необходимое количество материалов для проведения исследования. Хотя их количество оказалось меньше, чем мы планировали изначально, данную работу я считаю успешной. Материалы этой работы могут использоваться в будущих исследованиях по сходной теме, как в качестве основы для дальнейшего и более углубленного изучения влияния факельных установок, так и в качестве альтернативных данных.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абросимов А.А. Экология переработки углеводородных систем. – М.: Химия, 2002. – 608 с.
2. Андриянов А.Н. Исследование химического состава снега вокруг г. Ленинграда. В кн. Атмосферная диффузия и загрязнение воздуха. /Дроздова В.М. – Л.: Гидрометеиздат, 1995. – С. 208-212.
3. Ардаков Г.Н. Особенности формирования загрязнения снежного покрова промышленного центра (на примере г. Самары) / Великие реки 2000: Генеральные доклады, тезисы докладов Международного Конгресса. – Нижний Новгород, 2000. – С. 83-85.
4. Ардаков Г.Н. Многолетняя динамика качества поверхностных вод на территории Среднего Поволжья / Экологические проблемы рационального использования и охраны водных ресурсов: Тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции. Самара, 1996. – С.43-44
5. Василенко, В.Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова / В.Н. Василенко, И.М. Назаров, Ш. Я. Фридман. Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 182 с.
6. Давыдова С. Л., Нефть и нефтепродукты в окружающей среде. / С. Л. Давыдова, В.И. Тагасов – М.: РУДН, 2004. – 163 с.
7. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2017 году. – Ханты-Мансийск, 2018. – 199 с.
8. Доклад по рейтингу экологической ответственности нефтегазовых компаний России WWF, Креон, 2016 г. – 23 с.
9. Долгова Л.С. Особенности почвенного покрова северной и средней тайги Западной Сибири. В сб.: "Оценка природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Мат-лы IV совещ. Географов Сибири и Дальнего Востока", вып. 2. – Новосибирск, 1969.
10. Исследование состояния и перспектив направлений переработки нефти и газа, нефте- и газохимии в РФ. Библиотека Института современного развития. – М.: Экон-информ, 2011. – 807 с.
11. Кирюшин П.А. Попутный нефтяной газ в России: «Сжигать нельзя, перерабатывать!» / П.А. Кирюшин [и др.] Аналитический доклад об экономических и экологических издержках сжигания попутного нефтяного газа в России. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2013. – 88 с.
12. Книжников А.Ю. Всемирный фонд дикой природы (WWF). / А.Ю. Книжников, А.М. Ильин. – М., 2017. – 32 с.



13. Копанев И.Д. Методы изучения снежного покрова. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 226 с.
14. Костин А. А. Популярная нефтехимия. Увлекательный мир химических процессов. – М.: Ломоносовъ, 2013. – 176 с.
15. Куприянова Е.И. Водный баланс Западно-Сибирской равнины. – М.: Наука, 1967. – 64 с.
16. Медведев А.Н. Процессы загрязнения в окружающей среде и их изучение / А.Н. Медведев, М.А. Медведева. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2009. – 83 с.
17. Научно-прикладной справочник по климату СССР, под ред. С.А. Ковбоя. – Санкт-Петербург: Гидрометиздат, 1998. – 703 с.
18. Оценка эколого-экономического эффекта от реализации проекта Федерального закона № 454850-5 «Об использовании попутного нефтяного газа и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Экспертный доклад Российского газового общества – М., 2011.
19. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. – 376 с.
20. Соловьянов А. А. Стратегия использования попутного нефтяного газа в Российской Федерации. – М: Российское газовое общество, ЗАО «Редакция газеты «Кворум», 2008.
21. Физико-географическое районирование Тюменской области, под ред. проф. Н.А. Гвоздецкого. – М.: МГУ, 1973. – 248 с.
22. Физико-географические факторы пространственно-временной изменчивости снежного покрова нефтегазопромыслового региона: монография / В.В.Козин, Э.А.Кузнецова. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2015. – 151 с.
23. Горная энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mining-enc.ru/n/neft> (дата обращения 12.05.2019)
24. Министерство энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс] / URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1215> (дата обращения 24.02.2019).
25. Сайт правительства Ямало-Ненецкого автономного округа [Электронный ресурс]. URL: <http://правительство.янао.рф/projects/4-4-2014/6935.docx> (дата обращения 15.02.2019).
26. Федеральная служба государственной статистики. Охрана окружающей среды в России - 2018 г. [Электронный ресурс] / URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b18\\_54/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b18_54/Main.htm) (дата обращения 25.02.2019).

Выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) выполнена мной самостоятельно. Используемые в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них. Материалов, содержащих информацию ограниченного доступа, не содержится.

Отпечатано в \_\_\_\_ экземплярах.

Библиография содержит \_\_\_\_ наименования.

На кафедру сдан \_\_\_\_ экземпляр (ов)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

(дата)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)