
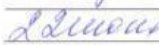


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ
Кафедра социально-экономической географии и природопользования

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ
В ГЭК И ПРОВЕРЕНО НА ОБЪЕМ
ЗАИМСТВОВАНИЯ
Заведующий кафедрой
 К.г.н., доцент
И.Д. Ахмедова
 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ КАК ОБЪЕКТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА ФОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ

05.04.06 Экология и природопользование
Магистерская программа «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»

Выполнил работу
Студент 2 курса
очной формы обучения



Факашук
Никита
Юрьевич

Научный руководитель
с.н.с. Международного института
криологии и криософии ТюмГУ,
канд. геол.-минерал. наук



Хомутов
Артём
Валерьевич

Рецензент
(Заведующий сектором геоэкологии
ИПОС ТюмНЦ СО РАН,
д-р геогр. наук.)



Московченко
Дмитрий
Валерьевич

г. Тюмень, 2018

Аннотация

Работа посвящена изучению химического состава снежного покрова фоновых территорий полуострова Ямал. В результате анализа данных о содержании главных ионов в снеге, были получены фоновые концентрации основных ионов в снеге полуострова Ямал. Солевой состав снега хлоридно-натриевый, с большой долей ионов гидрокарбоната. Общая минерализация снега равна 7,3 мг/л. Преобладающим направлением ветра зимой 2016/17 гг. является южное. На западном побережье чаще дуют юго-восточные ветра, на восточном юго-западные.

Осадки в зимний период 2016/17 гг. приходили преимущественно с территорий Европы, северо-восточной Атлантики и центральной Арктики. Зафиксировано, что распределение химических элементов в снеге полуострова Ямал подчинено закономерностям. В результате факторного анализа, было получено три фактора влияющих на изменение химического состава снега на полуострове. Произведена группировка точек на основе кластерного анализа в факторном поле. Выделено четыре кластера точек со схожим территориальным положением. Составлена картосхема расположения кластеризированных точек на полуострове.

Результаты данной работы могут быть использованы в целях экологического мониторинга атмосферного воздуха исследуемой территорий. В исследовании геохимической миграции элементов в ландшафтах региона.

Оглавление

Аннотация	2
Оглавление	3
Введение	4
Глава 1 Снежный покров как объект экологического мониторинга	8
Глава 2 Факторы влияния на химический состав снежного покрова п-ова Ямал.....	18
2.1 Природные факторы влияния на химический состав снежного покрова	18
2.1.1 Обзор литературных источников	18
2.1.2 Траектории движения воздушных масс зимой на п-ове Ямал	31
2.1.3 Климатическая характеристика п-ова Ямал.....	34
2.2 Антропогенные факторы влияния на химический состав снежного покрова.....	48
Глава 3 Химический состав снежного покрова фоновых территорий полуострова Ямал...54	
3.1 Методология практического этапа исследования	54
3.2 Результаты и обсуждение химического состава снега п-ова Ямал	61
Заключение.....	84
Список использованных источников и литературы.....	85
Приложение А.....	93
Приложение Б	94
Приложение В.....	95
Приложение Г	97
Приложение Д.....	98
Приложение Е.....	99

Введение

Актуальность. Деятельность нефтегазодобывающих предприятий оказывает негативное влияние на окружающую природную среду. Оценка этого влияния помогает реализовать принципы рационального использования природных ресурсов на конкретной территории. Для выполнения оценки негативного влияния используют систематический сбор информации, о состоянии окружающей среды, именуемый – экологическим мониторингом. Для оценки негативного влияния промышленности на природную среду, исследуются территории, не затронутые этим влиянием – фоновые территории. Экологический мониторинг фоновых территорий позволяет получить данные о естественном состоянии природной среды.

Одним из объектов экологического мониторинга является снежный покров. Обладая некоторыми преимуществами в сорбции химических соединений по сравнению с атмосферным воздухом, использование снега для целей экологического мониторинга, в местах его длительного залегания, актуально и обязательно. Мониторинг геохимического состояния снежного покрова позволяет определить химический состав выпадающих на территорию осадков, выявить различия в составе атмосферы между территориями, испытывающими антропогенное влияние промышленности и не имеющих такого.

Территория Российской Арктики в настоящее время подвергается активному освоению вследствие разведки и добычи в ней горючих полезных ископаемых. Полуостров Ямал, является одним из приоритетных районов освоения Российской Арктики. Начиная с шестидесятых годов прошлого столетия, Ямал является важным сырьевым источником для добычи природного газа и газоконденсата. Большую часть года (в среднем 230 дней), на территории полуострова залегает устойчивый снежный покров, который оказывает значительное влияние на местные ПТК. Экологический мониторинг атмосферного воздуха по химическому составу снежного покрова на территории полуострова Ямал актуален и необходим.

Так как для снега не существует каких-либо экологических нормативов концентраций химических веществ, на практике применяется сравнение показателей с фоновыми значениями. Изучение химического состава снега на территории Ямала проводилось, как правило, на территории месторождений [26,30,27,82]. Наиболее полные по изучаемым компонентам являются работы С.Л. Дорожуковой и С.М. Фотиева [27,82]. Но в этих работах приводятся осредненные данные по геохимии снежного покрова, отсутствует анализ пространственных закономерностей. Данное исследование поможет выявить общие закономерности и различия химического состава снега на исследуемой территории. Полученные данные могут быть использованы как фоновые значения для

экологического мониторинга атмосферного воздуха этого региона. Помимо экологического мониторинга, данные могут быть использованы в геохимии природных ландшафтов, и атмосферных осадков в частности. Поэтому экологический мониторинг снежного покрова на фоновых территориях полуострова Ямал является актуальной проблемой.

Объект исследования: Снежный покров на территории полуострова Ямал.

Предмет исследования: Химический состав снежного покрова на территории полуострова Ямал.

Цель работы: Получение и анализ данных о содержании главных ионов в снеге фоновых территорий полуострова Ямал.

В соответствии с целью, были поставлены следующие **задачи:**

Изучить возможность использования снежного покрова как объекта экологического мониторинга атмосферного воздуха полуострова Ямал.

Выявить факторы формирования химического состава снежного покрова полуострова Ямал.

Установить химический состав снежного покрова фоновых территорий полуострова Ямал по данным концентрации главных ионов. Выполнить анализ полученных результатов.

Фундаментальные теории и методы. Для решения задач исследования были применены следующие теории и методы: понятие Экологического мониторинга, Охрана окружающей среды, теория геохимии природных сред, методы исследования содержания химических элементов в ландшафтах, статистические методы обработки результатов. В основу диссертации легли работы, посвященные региональной геохимии снежного покрова Тюменской области: Д.В. Московченко [53,54], С.М. Фотиева [83], С.Л. Дорожуковой [27,28], Г.И. Гривы и О.М. Ермилова [26,30] и др.

Научная новизна работы

Получены новые данные о содержании главных ионов в снежном покрове фоновых территорий п-ова Ямал.

Произведен факторный анализ данных о содержании главных ионов. Выявлены три фактора влияющие на химический состав снежного покрова фоновых территорий п-ова Ямал.

Выполнена кластеризация точек отбора проб в факторном поле. Точки разбиты на четыре кластера.

Защищаемые положения

Полученные данные содержания главных ионов в снежном покрове являются фоновыми и могут быть использованы в экологическом мониторинге атмосферного воздуха полуострова Ямал.

Распределение главных ионов в снежном покрове полуострова Ямал носит закономерный характер.

Область исследования по паспорту специальности ВАК 25.00.36 «Геоэкология» соответствует по пункту 1.12.

Теоретическое и практическое значение работы. Полученные данные о геохимии снежного покрова полуострова могут быть использованы для последующего экологического мониторинга как исходные фоновые показатели. Так же, данные о геохимии снега позволяют оценить влияние талых снежных вод на геохимический фон поверхностных природных вод.

Достоверность представленных данных подтверждается значительным объемом фактического материала, полученного современными методиками в сертифицированных аналитических лабораториях, а также корректной статистической обработкой геохимических данных, учитывающих метрологические особенности использованных аналитических методик и природную дисперсию концентраций химических элементов.

Фактический материал и личный вклад автора. Работа основана на данных, полученных автором в ходе совместной научной экспедиции ИКЗ СО РАН и МЭЦ Арктика на полуостров Ямал в марте-апреле 2017 года. Отобранные пробы снега растапливались и анализировались в аккредитованной лаборатории ФГБУ "ВНИИОкеангеология" с применением стандартных методик определения химического состава и контролировались данными внешнего и внутреннего контроля.

Публикации. Результаты исследования частично изложены в публикации:

Н.Ю. Факашук, Ю.А. Дворников, Е.А. Бабкина, Е.М. Бабкин, Д.Р. Муллануров, А.В. Хомутов, М.О. Лейбман // материалы III Международной школы-семинара молодых исследователей, г. Тюмень, 23-28 апреля 2018 г. / под ред. В. А. Боева, А. И. Сысо, В. Ю. Хорошавина. — Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2018, с. 422-427.

Факашук Н. Ю. Оценка состояния снежного покрова и почв Тобольской промзоны / Н. Ю. Факашук, А. В. Соромотин // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2017. Том 3. № 2. С. 22-33. DOI: 10.21684/2411-7927-2017-3-2-22-33

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю к. г.-м. н. А.В. Хомутову. Автор благодарит д. г.-м. н. М.О. Лейбман, д.г.н.

Д.В. Московченко и д.б.н. А.В. Соромотина за консультативную помощь при анализе результатов исследования. Автор признателен к. г.-м. н. Ю.А. Дворникову, Е.М. Бабкину, Е.А. Бабкиной, Д.Р. Мулланурову за помощь при отборе проб снега в ходе полевой экспедиции. Директору НП «Российский центр освоения Арктики» А.В. Барышникову за помощь в организации экспедиции. Автор благодарит к.г.н. Дорожукову С.Л. за предоставление ценных материалов о химическом составе снега полуострова Ямал.

Глава 1 Снежный покров как объект экологического мониторинга

В этой главе рассматривается понятие экологического мониторинга, его цель и задачи. Особенности снежного покрова как сорбатора загрязнителей. Использование снежного покрова при мониторинге состояния атмосферного воздуха. Актуальность применения снежного покрова как объекта экологического мониторинга на полуострове Ямал.

В наше время воздействие человека на окружающую среду достигло глобальных масштабов. Для контроля над изменением природных сред используют систему наблюдений под названием экологический мониторинг. Экологический мониторинг – система наблюдений, позволяющая выделить изменения состояния (и прежде всего загрязнение) биосферы под влиянием деятельности человека [34]. Этот метод оценки и контроля используется по всему миру с широким охватом территорий.

Экологический мониторинг имеет несколько уровней организации соединенные вместе иерархическими связями. Всего существует три уровня организации наблюдений: глобальный, региональный и локальный. Также в системе экологического мониторинга имеются функциональные блоки, схема которых представлена на рисунке 1.1.

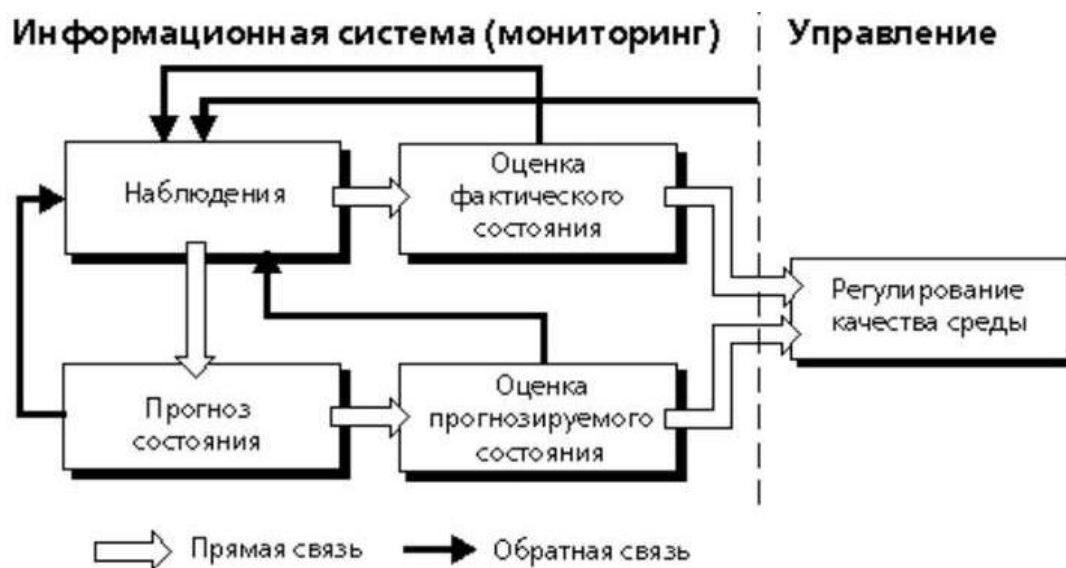


Рисунок 1.1 – Схема экологического мониторинга и взаимосвязи его блоков (по Израэль, 1984).

Из данной схемы видно, что первоначальным блоком является блок наблюдения. Именно сбор данных о состоянии природной среды, в первую очередь информацию о концентрации химических элементов и соединений в природной среде. Качество природной среды может ухудшаться вследствие загрязнения её химическими элементами.

Загрязняющее вещество — это вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе

радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду [83]. Загрязнение бывает химическим, физическим, биологическим и радиоактивным.

Выделяют два типа источников загрязнения: антропогенные и природные. В основном экологический мониторинг используют именно для отслеживания антропогенных загрязнителей. Для оценки загрязнений используются количественные показатели содержания химических элементов загрязнителей в объеме вещества природной среды.

Экологический мониторинг также подразделяется на фоновый и импактный. Импактный мониторинг проводится на территории подвергающейся загрязнению от антропогенного источника. Фоновый мониторинг имеет цель получить данные о содержании химических веществ на территории, не затронутой антропогенным влиянием, т.е. естественным природным содержанием.

Наибольшее распространение получил импактный мониторинг. Он часто применяется в крупных городах и в городах являющиеся центрами промышленности. В России не существует отдельной организованной сети мониторинга. Однако существует Государственная сеть наблюдений (ГСН).

В настоящее время на сети ГСН проводятся следующие виды наблюдений [84]:

- загрязнением воздуха в городах и промышленных центрах;
- загрязнением почв пестицидами и тяжелыми металлами;
- загрязнением поверхностных вод суши и морей;
- трансграничным переносом веществ, загрязняющих атмосферу;
- загрязнением природной среды и состоянием растительности;
- химическим составом и кислотностью атмосферных осадков и снежного покрова;
- фоновым загрязнением атмосферы;
- радиоактивным загрязнением природной среды.

Службу ГСН можно разделить на три крупных блока [84]. Первый блок проводит наблюдения на локальном уровне непосредственно вблизи крупных антропогенных источников загрязнения. Контролируется состояние атмосферы в крупных городах и промышленных центрах. Состояние воды в крупных морских портах и реках, куда идет сброс сточных вод с промышленных предприятий.

Второй блок проводит наблюдения на региональном уровне. Наблюдения проводятся в более мелких населенных пунктах и мест с не такой значительной антропогенной нагрузкой как в первом блоке.

И третий блок относится к наблюдению за фоновыми территориями. Это территории, на которых отсутствует антропогенная деятельность. Например, наблюдения в биосферных заповедниках, наблюдения трансграничного переноса веществ, исследование регионального природного фона загрязняющих веществ.

Одним из приоритетных направлений в экологическом мониторинге являются наблюдения за атмосферным воздухом. Качество атмосферного воздуха очень важно т.к. люди постоянно дышат воздухом и поллютанты могут проникать в ткани человека через дыхание. По воздуху осуществляется перенос химических веществ на различные расстояния, где они оседают на земную поверхность. Накапливаясь на поверхности почв или водных объектов загрязнители из воздуха, могут приводить к загрязнению этих сред. Именно поэтому экологический мониторинг атмосферного воздуха очень актуален.

Степень загрязнения атмосферы зависит от количества выбросов вредных веществ и их химического состава, от высоты, на которой осуществляются выбросы, и от климатических условий, определяющих перенос, рассеивание и превращение выбрасываемых веществ [36].

Существуют различные классификации по источникам загрязнения атмосферы. Источники делятся: по мощности выброса (мощные, крупные, мелкие), высоте выброса (низкие, средние и высокие), температуре выбрасываемых газов (нагретые и холодные). К мощным источникам загрязнения относятся производства типа металлургических и химических заводов, тепловые электростанции и т. д. К мелким источникам — небольшие котельные и предприятия местной и пищевой промышленности, трубы печного отопления. Большое количество мелких источников может, наравне с крупными, загрязнять атмосферу.

Помимо оценки состояния атмосферы по химическому составу самого воздуха, применяется оценка состояния атмосферного воздуха по снежному покрову. Снег — твердые атмосферные осадки в виде ледяных кристаллов (снежинок), выпадающие из облаков. Осадочная ледяная порода атмосферного происхождения, представляющая собой рыхлый и пористый агрегат ледяных кристаллов или их обломков — снежный покров [42].

Снежный покров, как объект экологического мониторинга обладает рядом преимуществ [12]:

1. Отбор проб снежного покрова прост и не требует сложного оборудования;
2. Слабая интенсификация химических и биохимических процессов в снежном покрове позволяет получать представительные количественные данные о поступлении элементов-загрязнителей из атмосферы в течение сезона;

3. Концентрация поллютантов в снежном покрове, как правило, на 2-3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе;

4. Снежный покров как естественный планшет-накопитель дает достаточно объективную величину сухих и влажных выпадений за зиму (или выбранный промежуток времени при послойном анализе);

5. Геохимический анализ снежного покрова позволяет проследить пространственное распределение загрязняющих веществ по территории и получить достоверную картину зон влияния конкретных объектов на состояние окружающей среды.

Эти преимущества предопределили использование снежного покрова для наблюдений за состоянием атмосферного воздуха в городах и вокруг промышленных предприятий. Атмосферные осадки, в том числе и снег, являются частью водного баланса, и имеют влияние на другие природные среды [11,19,55,56].

Загрязняющие вещества могут поступать в атмосферу в виде твердых частиц, газов или капельножидкой форме. Твердые частицы в зависимости от размеров могут перемещать на огромные расстояния, но основная масса таких частиц выпадает недалеко от источника. Твердые частицы седиментируются на поверхность почвы или воды, где могут быть трансформированы в зависимости от условий сред. Жидкие загрязнители вымываются из атмосферы с осадками, в результате диффузии влаги на ядра конденсации, которыми являются твердые частицы.

Газы могут адсорбироваться на поверхность снежных кристаллов и претерпевать изменения. Загрязняющие вещества могут участвовать в химических реакциях в атмосфере. Иногда первоначальное вещество изменяет свои свойства, становясь ещё более опасными для биоты. Например, диоксид серы SO_2 может вступать в реакцию с ионами водорода и образовывать серную кислоту H_2SO_4 , которая приводит к закислению почв и природных вод. Подобные изменения возможно и для оксидов азота. Снег может сорбировать из атмосферы радиоактивные элементы, например – стронций и тритий.

Геоэкологическое изучение снежного покрова началось ещё в первой половине XX века. Первые работы в этом направлении были выполнены Влодавцом [21], где снежный покров рассматривался как депонирующий субстрат для естественной пыли и Вашковым [20] для техногенной пыли. В качестве самостоятельного объекта геохимического опробования снег впервые был использован при изучении ореолов рассеяния рудных месторождений [39] и выявлении аэротехногенного загрязнения [29]. Особенно активно изучение снежного покрова осуществлялось в экологических исследованиях [23,13,14].

В настоящее время изучением антропогенным загрязнением снежного покрова занимаются: Котляков В.М. [41,43], Семенов М.Ю. [74]; Макаров В.Н. [50]; Kaasik et al.,

[88]; Walker et al. [94]; АМАР... Human Health in the Arctic [87]; The Arctic as a messenger..., [92] и другие исследователи. При этом большая часть работ отведена тематике, где снежный покров рассматривается как депонирующая среда, в которой накапливаются и сохраняются вещества, поступающие на поверхность из приземной атмосферы, что позволяет оценивать загрязнение снежного покрова органическими соединениями [84,65,90,97,96,91]; выявлять биогенетическую составляющую аэрозольных сульфатов в снеге Арктики [89]; получать сравнительные характеристики загрязнения снега урбанизированных территорий [57,48,64,69], проводить зонирование промышленных районов [57,75].

Предприятия нефтегазовой промышленности функционируя, загрязняют окружающую природную среду. В атмосферный воздух выбрасываются продукты сгорания углеводородов на всех стадиях производства: разведка, бурение, обустройство месторождения и его эксплуатацию. Основными загрязняющими веществами выступают: углеводороды, углекислый газ, тяжелые металлы, кислотообразующие вещества, фенолы, взвешенные вещества [27,76,70]. При работе газодобывающего комплекса в атмосферу выбрасывается большое количество метана. Таким образом, добыча углеводородного сырья сопряжена с поступлением многочисленных загрязняющих веществ, изменением структурных связей в ландшафтах и активизацией внутренних и внешних миграционных потоков вещества [53].

На территории Тюменской области снежный покров является обязательным элементом для мониторинга загрязнения атмосферного воздуха на лицензионных участках. На территории ХМАО действует нормативно правовой акт «О системе наблюдения за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории Ханты-Мансийского Автономного Округа - Югры и признании утратившими силу некоторых постановлений правительства Ханты-Мансийского Автономного Округа – Югры» от 23.12.2011 [3]. Подобный закон действует и на территории Ямало-Ненецкого АО – «О территориальной системе наблюдения за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории Ямало-Ненецкого Автономного Округа» от 14.02.2013 [1].

Таким образом, мониторинг снежного покрова на лицензионных участках недропользователей на территории Тюменской области проводится на протяжении нескольких лет. Для правильной интерпретации этих данных, а именно о наличии или отсутствии загрязнения снега на территории месторождений необходимо иметь фоновые, эталонные данные о естественном содержании химических элементов в снежном покрове.

Учитывая тот факт, что климатические условия и химический состав осадков изменяется от года к году. Необходимо регулярно получать новые данные о фоновом содержании химических элементов в снежном покрове на территории Тюменской области. Поэтому фоновый мониторинг в этом регионе актуален.

Полуостров Ямал, разрабатываемый, со второй половины двадцатого века является главным регионом по добыче природного газа и газоконденсата в нашей стране. Сейчас



Рисунок 1.2 – Схема обустройства месторождений углеводородного сырья на севере ЯНАО. (<http://www.gazprom.ru/>)

объявлено о второй волне освоения полуострова.

Количество месторождений полуострова — 32. На рисунке 1.2 представлена карта-схема месторождений углеводородного сырья на полуострове. Суммарные запасы и ресурсы всех месторождений углеводородов полуострова Ямал оцениваются в 26,5 трлн. куб. м газа, 1,6 млрд. тонн газового конденсата, 300 млн. тонн нефти. На полуострове Ямал активно формируется новый центр газодобычи, который в перспективе станет одним из основных для развития газовой отрасли России. На Ямале будет производиться до 360 млрд. куб. м голубого топлива.

Из всего вышесказанного следует, что полуострова Ямал на несколько десятилетий становится территорией интенсивного природопользования. В этих условиях мониторинг состояния окружающей среды становится обязательным и очень актуальным.

Тундровые ландшафты не отличаются хорошей устойчивостью к техногенному влиянию. Дефицит тепла, и как следствие – низкая активность биогеохимических процессов и медленная самоочищаемость от промышленных выбросов; мерзлотный водоупор препятствует инфильтрации; растительность легко разрушается при механическом воздействии и очень чувствительна к сернистому ангидриду и др [68] атмосферным загрязнителям. Неустойчивость растительного покрова становится причиной развития эрозии, просадки, термокарста.

На территории Ямала ведутся крупные разработки газовых и газоконденсатных месторождений. Особенности загрязнения атмосферы при добыче этих продуктов представлены ниже. На *этапе разведки* загрязнение атмосферы не значительно. Оно представлено выхлопными газами транспорта используемого для перемещения разведочного оборудования и специалистов. На *этапе обустройства* месторождения количество техногенных выбросов в атмосферу возрастает. Это связано с процессами бурения и строительства необходимой инфраструктуры. Основными загрязнителями являются: строительная техника, электростанции и котельные, склады горюче-смазочных материалов (ГСМ). Ниже приведена таблица с количеством выбросов химических веществ в атмосферу в начале эксплуатации Бованенковского НГКМ.

Таблица 1.1 – Обобщенная характеристика загрязнения атмосферы на этапе обустройства НГКМ.

Основные источники загрязнения атмосферы	Основные загрязняющие вещества	Суммарное количество выбросов	
		г/сек	г/сек
Пионерные пункты подготовки газа Пункты редуцирования газа на собственные нужды Электростанции, котельные	Оксид азота	27,685	4193,27
	Диоксид азота	109,29	215,78
	Оксид углерода	93.44	2936,65

Источник: по Г.И. Грива, 2005 [26].

Наибольшая же нагрузка на природные среды и атмосферу в частности, происходит на *этапе эксплуатации* месторождения. Выбросы в атмосферу происходят в течение всего этапа, и среди всех этапов этот наиболее опасен для экосистем. Основными источниками выбросов являются технологические установки линейных и дожимных компрессорных станций, установок комплексной подготовки газа, газотурбинные электростанции, станции охлаждения газа, факельные установки, котельные и др. [26].

Количественный и качественный состав выбросов в атмосферу различаются в зависимости от состава добываемого газа, применяемой технологии добычи и комплекса природоохранных мероприятий. Наиболее распространенными веществами, выбрасываемыми газовой промышленностью являются: оксид углерода, окислы азота, углеводороды (природный газ и его примеси) и технический углерод. Окислы азота и оксид углерода поступают в атмосферу с дымовыми газами топливопотребляющего оборудования: газоперекачивающие агрегаты компрессорных станций, печей установок

регенерации диэтиленгликоля, факельных установок сжигания промстоков, котельных и др. [26].

Выбросы природного газа в атмосферу происходят при ремонтных работах, очистке межпромыслового коллектора, пуске и остановке газоперекачивающих агрегатов. Кроме того, метан содержится в вентвыбросах технологических корпусов установок УКПГ. Пары метанола и диэтиленгликоля поступают в воздух при дыхании резервуаров. Пары серной кислоты находятся в вентвыбросах аккумуляторных; хлора, сероводорода и аммиака - в выбросах канализационных установок.

Соединения серы и азота одни из наиболее токсичных веществ поступающих в атмосферу. Эти соединения входят в состав примесей природного газа или образуются при сгорании различных фракций газа в факелах. По данным о фотохимических реакциях в атмосфере [95], наиболее значимыми реакциями являются взаимодействия УВ и оксидов азота с озоном и образование азотной кислоты (сухое осаждение) и азотсодержащих аэрозолей (мокрое осаждение). Наиболее опасными из выбросов для северных экосистем являются окислы азота, эмиссия и выпадение которого сопровождается подкислением почв, которое приводит к растворимости тяжелых металлов, накапливаемых затем в растениях. Особенно чувствительны к выпадению кислых осадков лишайники – основной корм северных оленей. Попадая в водоемы кислоты, вызывают процессы эвтрофикации.

В связи с неоднородностью ландшафтов территории полуострова, накопление кислых осадков и связанное с ним изменение геохимического состава почв, будет происходить по-разному. Максимальное закисление происходит на водораздельных поверхностях, минимальное в болотных ландшафтах из-за большего органического (буферного) слоя [26].

Особую опасность представляют выбросы природного газа при авариях на газопроводах. При фонтанировании газа из скважин с максимальным дебитом 750 тыс. м³/сут (Бованенковское и Харасавэйское ГКМ) в атмосферу выбрасывается около 6163 г/с метана. При горении газа (вероятность возгорания 90%) образуются окислы азота и оксиды углерода в количестве 6,1 и 351,3 г/с соответственно [26].

Подводя итог вышесказанному о воздействии объектов газовой промышленности на атмосферу необходимо сделать несколько выводов. Объекты газовой промышленности загрязняют атмосферу различными химическими веществами. Мониторинг атмосферного воздуха в таких районах обязателен. Поскольку, полуострова Ямал расположен в высоких широтах (69-72°), то большая часть выпадающих осадков – снег. Именно снег должен быть использован как основная среда, по которой производится оценка состояния атмосферы в этом регионе. Снежный покров залегает на Ямале 220-250 дней, что

составляет большую часть года. Об особенностях и преимуществах снега как среды для накопления веществ уже было сказано ранее. Следовательно, на территории полуострова Ямал, мониторинг состояния атмосферного воздуха по данным о химическом составе снежного покрова необходим и актуален.

Для правильной интерпретации данных о химическом составе снежного покрова, необходимо знать содержания определяемых компонентов в местах, не испытывающих прямого воздействия промышленных выбросов. На территории полуострова Ямал необходим мониторинг снежного покрова фоновых территорий. Фоновый мониторинг снежного покрова на полуострове велся в 2010-2013 гг. Результатом этого мониторинга стали утвержденные данные по фоновому содержанию основных элементов загрязнителей в снеге [77]. В снежном покрове на специальных мониторинговых площадках отбирались пробы снежного покрова. Результаты этих проб будут представлены в третьей главе исследования.

Перечень определяемых компонентов обусловлен спецификой промышленных выбросов. Но в этом перечне главные ионы представлены хлоридами и сульфатами. Остальные главные ионы не определялись. Информация о концентрации главных ионов в снеге фоновых территорий дополняет информацию о геохимии снега и может быть использовано как в геоэкологических, так и в геохимических исследованиях. Таким образом, мониторинг снежного покрова фоновых территорий полуострова Ямал представляет значительный интерес.

Выводы к главе:

- Экологический мониторинг – система наблюдений, оценки и прогноза состояния экосистем. Его целью является управление качеством окружающей природной среды, используя наблюдения за их характеристиками.
- Снежный покров обладает рядом особенностей: способен накапливать химические вещества в большем количестве и за больший временной период. Удобен при отборе и хранении, выполнении лабораторных анализах. Позволяет отследить ореолы распространения веществ от источника.
- Использование снежного покрова при мониторинге состояния атмосферного воздуха очень актуально в местах с продолжительным его залеганием. Географическое положение п-ова Ямал обуславливает выпадение снега в течение продолжительного периода.
- Применения снежного покрова как объекта экологического мониторинга на полуострове Ямал актуально. На территории полуострова уже имеется опыт

использования снежного покрова как объекта для экологического мониторинга атмосферы.

Глава 2 Факторы влияния на химический состав снежного покрова п-ова Ямал

Для правильной интерпретации данных о химическом составе снежного покрова необходимо знать факторы, влияющие на него. По источнику воздействия факторы подразделяются на природные и антропогенные. Ниже приводится литературный анализ работ посвященных химическому составу снежного покрова Российской Арктики и Антарктиды. Эти районы наиболее подобны по климатическим характеристикам п-ову Ямал.

2.1 Природные факторы влияния на химический состав снежного покрова

2.1.1 Обзор литературных источников

Одним из основных природных факторов, влияющих на химизм снега, является химический состав осадков. Он формируется в атмосфере при испарении влаги с земной поверхности, и затем претерпевая изменения при различных атмосферных процессах.

Первая работа, в которой приводился обзор химического состава снежного покрова и ледникового льда в Арктике, является труд А.В. Корзунова «Геохимический анализ наземных и подземных льдов Арктики» [40]. В одной из частей работы автор анализирует химический состав осадков по данным различных исследователей в этом регионе, именно эти данные представляют собой ценность для нашего исследования.

Корзунов пишет – «Основу макрокомпонентного состава осадков составляют анионы сульфатов, хлоридов, гидрокарбонатов; катионов кальция и натрия. Остальные ионы содержатся в значительно меньших количествах». Автор отмечает зональную тенденцию уменьшения минерализации осадков с широтой; и тенденцию увеличения минерализации в приморских районах над континентальными. Это выражается в увеличении доли хлоридов и натрия, которое перестаёт действовать на расстояниях более 200 км от побережья. Эти выводы подтвердили В.П. Зверев и В.З. Рубейкин [33] в своей работе. Автор подчеркивает – «Этот вывод не только уточняет пространственную картину состава осадков, но и показывает, что осадки в большей части набирают соли в нижнем слое воздуха». Этот вывод можно распространить и на другие примеры: если примеси в осадках дают резко повышенную концентрацию вблизи от источника, то они вымываются уже при выпадении осадков, а не захватываются в процессе развития облака.

Корзунов отмечает, что на данных, на Азиатскую часть Арктики крайне мало. В 1972 была опубликована работа В.П. Волковой, где она исследовала осадки в Уядской впадине, Яно-Индибирского междуречья. Полученные данные очень различаются друг от друга из-за горного характера района. Преобладает хлоридно-гидрокарбонатно-кальциевый состав. А.А. Матвеев и О.И. Башмакова [52], пришли к выводу, что в северных и западных районах преобладают ионы натрия, калия и сульфат-ионы.

Продолжая тема состава атмосферных осадков, можно выделить работу М.Ю. Лычагина [49]. Он приводит данные анализ проб дождевой и снежной воды. Все пробы характеризуются слабокислой реакцией и малой минерализацией 26-32 мг/л. Хлоридно-кальциевый состав с высоким содержанием гидрокарбоната и натрия. Автор предполагает, что такой состав обусловлен слабым влиянием морских ионов, не смотря на близость моря, из-за покрытия льдом океана большую часть года.

В центральных частях Арктики, по данным Бурксера [16], атмосферные осадки имеют гидрокарбонатно-кальциево-натриевый состав и минерализацию 8-18 мг/л. Лычагин [49] предполагает, что основную роль в этих областях, на формировании химизма осадков играют процессы вымораживания солей и растворения CO₂ при низких температурах.

Данные по хим. составу на территории европейской части Арктики обобщены А.А. Матвеевым и О.И. Башмаковой [52]. Здесь преобладают ионы натрия, калия и сульфаты (хлориды у побережья). Похожие данные были приведены и для Азиатской части.

Данная работа имеет широкий охват по изучаемым средам и хорошо описывает существующие и возможные взаимосвязи химического состава этих сред, миграция элементов между ними. Но в этой работе нет достаточных данных по геохимии снежного покрова для конкретных территорий, потому что, такие исследования тогда ещё не проводились.

Очень ценными являются данные представленные в статье Сергея Михайловича Фотиева [83] «Закономерности формирования ионно-солевого состава природных вод Ямала». В этой статье автор приводит данные о ионно-солевом составе природных вод Ямала, и в частности жидких и твердых атмосферных осадках. Автором проанализирован большой объем данных, предоставленных ему научными институтами, полученных в ходе научных экспедиции на полуостров, за период семидесятых и восьмидесятых годов прошлого столетия. По данным 29 проб снеговых вод их химический состав следующий (Формула 1) [83]:

$$0,021 \frac{Na+K(75) Ca (19) Mg (6)}{HCO_3(48) Cl (45) SO_4 (7)} (1) \qquad 0,049 \frac{Na+K(48) Ca (33) Mg (19)}{HCO_3(49) Cl (32) SO_4 (19)} (2)$$

Тип вод по Алекину О.А. [9] гидрокарбонатно-натриевый I типа. При сравнении со средним составом континентальных вод, в снеге значительно больше доля хлоридов и натрия с калием. Это говорит о том, что в формировании химического состава осадков активное участие принимают ионы морского происхождения. Общая доля солей морского и континентального происхождения примерно одинаковая. Малое содержание «континентальных» сульфатов. В некоторых пробах доля хлоридов достигала 80%.

В сравнении с дождевыми водами (Формула 2), состав снеговых вод отличается бóльшей долей хлоридов и меньшей сульфатов. По катионному составу большей долей натрия и калия, меньшей кальция и магния. Минерализация снеговых вод (см. Формулы 1,2) меньше, но разница не существенна, вода в обоих случаях ультрапресная (мг/л).

Также Фотиевым приводятся данные осредненные данные по химическому составу Карского моря с западного побережья (Формула 3) и Обской губы с восточного (Формула 4) [83].

$$14,7 \frac{Na+K(78) Mg (18) Ca (4)}{Cl (89) SO_4(10) HCO_3(1)} (3) \quad 0,1 \frac{Na+K(66) Mg (19) Ca (15)}{HCO_3(41) SO_4(32) Cl (27)} (4)$$

Вода Карского моря обладает типичным морским хлоридно-натриевым составом. Сергей Михайлович отмечает постоянство этого состава при удалении от берега, и одновременным увеличением минерализации. Доля гидрокарбонатов очень мала, магний превалирует над кальцием. Воды относятся классу «соленых» у берега и к классу «с повышенной соленостью» вдали от него.

Данные по Обской губе (см. Формулу 4) приводятся только с 1 пробы взятой в устье реки Тадибеяха (70° с.ш.). Воды ультрапресные, состав гидрокарбонатно-натриевый, с преобладанием сульфатов над хлоридами. Воды испытывают значительное опресняющее влияние рек спадающих в неё. Можно предположить, что состав будет меняться на хлоридно-натриевый по мере приближения к открытому морю.

Речные воды, впадающие в Карское море, испытывают влияние нагонных течений, поэтому имеют хлоридно-натриевый состав и большую минерализацию (в среднем 0,4 г/л) в сравнении с реками Обской губы. Их состав гидрокарбонатно-натриевый с большими долями Са и Mg, чем воды залива.

В своей статье С.М. Фотиев уделил внимание не только поверхностным, но и подземным водам и льдам. Эта первая из двух работ, которые были исследованы данные о геохимии снежного покрова непосредственно с территории полуострова. Единственный недостаток состоит в том, что результаты обобщенные и невозможно вычислить какие либо закономерности, в зависимости от расположения точки отбора проб. Данная статья легла в основу этого исследования.

Своего внимания заслуживает и кандидатская диссертация С.Л. Дорожкуковой [27] «Эколого-геохимические особенности нефтегазодобывающих районов Тюменской области». В одной из глав приводится геохимическая характеристика снежного покрова на территории Тюменской области. В частности приводятся данные в виде сокращенной формулы М.Г. Курлова. Ниже приведена прямая цитата из текста диссертации: «Для химического состава снежного покрова полуострова Ямал характерно преобладание

хлорид-иона среди анионов и натрия среди катионов, сульфат-ион имеет подчиненное значение. Полученные данные отличаются от приводимых В.И. Соломатиным с соавторами данных по химическому составу снежного покрова нижнего течения Енисея, где преобладают гидрокарбонат-ион и сульфат-ион, и свидетельствуют о значительном влиянии морских воздушных масс в данном секторе Арктики».

Ниже представлена информация, в табличном виде взятая также из текста диссертации [27].

Таблица 2.1 – Фрагмент таблицы химических показателей в снеге на территории Тюменской области.

Территория	Количество проб	Значение рН	Общая минерализация, мг/л	Формула солевого состава (в %-экв)
Ямал	n=40	рН=4,4-6,5/4,9	18	$\frac{Cl\ 68\ HCO_3\ 32}{Na\ 88\ Ca\ 6\ Mg\ 6}$

Источник: по С.Л. Дорожуковой, 2004 [27].

Снег получился хлоридно-натриевым, что говорит нам о влиянии на его состав морских аэрозолей хлора и натрия. Эти данные немного отличаются от данных Фотиева [83], так как у него средний состав гидрокарбонатно-хлоридно-натриевый. Доля гидрокарбонатов больше, хлоридов меньше. Минерализация и рН имеют привычные значения для снежного покрова фоновых районов.

Минусом данной работы является то, что эти данные приводятся в обобщенном виде, и нет возможности проследить влияние прочих территориальных факторов на хим. состав снега.

Вышеизложенные данные являются единственным из общедоступных для территории полуострова Ямал. Изученность данной территории по химическому составу осадков достаточно низкая. В основном данные получены в ходе мониторинговых работ на территориях близким к крупным месторождениям углеводородов: Бованенковское, Харасавэйское, Новопортовское. Для ответа на вопрос о различиях в химическом составе снежного покрова других районов нашей страны, мы изучили работы других авторов. Обзоры этих работ представлены ниже.

В 2014 году в журнале «Лед и снег» была опубликована статья В.Н. Макарова «Геохимия снежного покрова таёжных и горных ландшафтов Якутии» [51]. Автором были осуществлены экспедиции в 2010-2012 гг. в марте месяце, по маршруту Якутск – Оймякон. Протяженность маршрута 800 км. Он пересекает различные типы мерзлотных

ландшафтов от среднетаежных в низменностях, до горных тундр и пустынь. Общий перепад высот более 2000 м. Целью исследования являлось изучение химического состава снежного покрова широтно-зональных и высотно-поясных ландшафтов. Результатом данного исследования стали данные и выводы изложенные ниже.

С увеличением высоты, т.е. в горных районах, наблюдается тенденция к уменьшению высоты и плотности снежного покрова, а также, уменьшению концентрации пылевых частиц. Соотношение химических макрокомпонентов в снеге всех ландшафтов на высоте 100-1200 м примерно одинаковое (Формула 5) [51].

$$0,12 \frac{Ca(49)Na(23)Mg(16)NH_4(8)K(4)}{HCO_3(67)Cl(18)SO_4(11)NO_3(4)} \quad (5)$$

Состав снега гидрокарбонатно-кальциевый. Автор пишет: «...химический состав снега типичен для горных районов и подчиняется общей гидрохимической закономерности, в соответствии с которой первый анион пресных и ультрапресных вод – HCO_3 ». По величине минерализации снеговые воды в районе исследований ультрапресные, с диапазоном изменения в пределах 8,4-26,5 мг/л.

В зоне горных тундр на высоте 2000-2700 м состав снега меняется (Формула 6) [51].

$$0,03 \frac{NH_4(37)Ca(24)Na(22)K(12)Mg(5)}{HCO_3(81)Cl(12)SO_4(4)NO_3(3)} \quad (6)$$

Здесь снежный покров гидрокарбонатно-аммонийный. Минерализация снижается до 2,8 мг/л, в связи с уменьшением содержания аэрозолей в воздухе. Возрастает доля гидрокарбоната и иона аммония, уменьшаются концентрации хлоридов, кальция и магния.

Отсюда следует вывод, что с высотой влияние солей континентального происхождения, преимущественно гидрокарбонаты кальция, магния и натрия, ослабевает. Возрастает содержание хлоридов, соединений азота и калия.

Автор отмечает влияние воздушных масс с океана на горную территорию, расположенную ближе к Тихому океану, там доля морских солей больше. Водородный показатель 5,73-6,22 в пределах нормы, как и процентное соотношения сульфат ионов, что позволило автору сделать вывод об отсутствии техногенного влияния на исследуемую территорию.

Интересны также данные о составе снега собранные со склонов разной экспозиции. На западный склон оказывается воздействие океанических масс, выражаемое в увеличении температуры снега и возрастанием концентрации хлоридов и гидрокарбонатов.

Макаров рассчитал суммарную плотность поступления компонентов в СП (пыль+ионы), которая уменьшается с повышением высотности. В отличие от макрокомпонентов, распределение микрокомпонентов в СП отклоняется от высотной зональности, в соответствии с которой, с высотой должна понижаться их концентрация.

Поступление растворимых и нерастворимых форм компонентов в СП одинаково в среднетаёжных ландшафтах из-за большой запыленности, обусловленной антропогенным воздействием. В высотной пояности ионная форма начинает преобладать. Автор обнаружил положительную аномалию сульфатов и иона фтора в снеге над металогенным разломом в Сетте-Дебанской тектонической структуре.

В целом В.Н. Макаров проанализирован объем материалов охватывающий большую площадь и показаны важные тенденции, связанные с перемещением ионов с высотой. Данные о снежном покрове этих районов могут быть использованы как фоновые для континентальных районов Восточной Сибири и не только.

В продолжении темы зависимости химического состава снега от высоты, рассмотрим статью А.В. Салтыкова с соавторами «Ионный состав снежного покрова Алтая» [72]. Ученые исследовали снежный покров в зимы 2007-2011 годов, в бассейнах рек – Бия, Катунь, Чарыш, Алей. Бассейны этих рек находятся в предгорье Алтайских гор. Состав снежного покрова во всех водосборных бассейнах получился гидрокарбонатно-кальциевым. Однако концентрации ионов калия и натрия не определялись. Высоки концентрации сульфатом, которые превышают концентрацию хлоридов. При движении вверх от предгорий к высокогорьям, увеличивается концентрация иона аммония, снижается концентрация кальция, гидрокарбонатов и нитратов. Это согласуется с данными В.Н. Макарова [51], о высотном увеличении доли иона аммония и уменьшения континентальных ионов гидрокарбоната и кальция.

Фоновые концентрации химических элементов в снежном покрове Западной Сибири представлены в статье Ю.В. Ермолова с соавторами [31]. Маршрут для отбора проб проходил меридионально на 1400 км от степей Кулундинской равнины до лесотундры Пурской низменности. Целью данного исследования являлось изучение изменений фоновых концентрации химических элементов в снеге с увеличением широты.

Полученные Ермоловым данные говорят о том, что изменчивость концентрации химических элементов в снеге Западной Сибири значительна. В первую очередь выделяется зависимость уменьшения концентрации химических элементов с широтой. Это ясно отражает динамика уменьшения общей минерализации. Особенно резкое уменьшение значений происходит при переходе от степи к южной тайге. На этом участке удельная электропроводность падает в 2—3 раза. В пересчете удельной

электропроводности на минерализацию (по NaCl) значения снижаются с 10—12 в степи до 4—5 мг/дм³ в средней и северной тайге. Эта оценка фоновой минерализации снеговых вод в таежной зоне Западной Сибири весьма близка к данным, полученным для таежной зоны северо-востока европейской части России (в среднем 5,9 мг/л) [17].

Автор пишет: «Судя по уровню концентраций химических элементов и их корреляции с удельной электропроводностью, среди катионов за широтное снижение общей минерализации ответственны, прежде всего, кальций, магний и натрий».

Широтная закономерность проявляется и в изменении рН снеговой воды, которая в северном направлении проявляет тенденцию к подкислению, что объясняется уменьшением с юга на север концентраций кальция и магния — главных нейтрализаторов кислотных остатков в атмосфере [10,22].

Ю.В. Ермолов [31] делит химические элементы в жидкой фазе снега по характеру изменения концентрации с географической широтой на три группы:

Для первой группы элементов (кальций, магний, натрий, стронций, барий, ванадий, алюминий) наблюдается четко выраженный тренд уменьшения концентрации с юга на север территории. Для второй группы элементов (марганец, калий, свинец, кобальт, кадмий) тенденция к снижению концентрации растворенной формы к северу менее заметна на фоне значительного локального варьирования. Для третьей группы элементов (цинк, медь, селен, никель, олово, сурьма и висмут) признаков широтного изменения фоновых концентраций растворенной формы не обнаружено.

Подводя итоги своему исследованию, Ю.В. Ермолов с соавторами сделали ниже следующие выводы. Проведенные исследования позволили охарактеризовать изменчивость фоновых концентраций химических элементов в снеговом покрове центрального сектора Западной Сибири и связать ее с широтными изменениями природных и антропогенных факторов, влияющих на поступление примесей, в частности выявить влияние почвенного покрова, засоленных озер и распашки почвы.

Обнаруженные тренды снижения концентраций многих химических элементов в снеге с юга на север Западной Сибири подтверждают выводы В.А. Казанцева [37] о зональности минерализации и химического состава атмосферных осадков Западной Сибири и соответствуют обобщениям, сделанным М.А. Глазовской [22]. Эти тренды наблюдаются не только для типичных «почвенно-эрозионных» химических элементов (Ca, Fe, Al, Sr), но и для считающихся «техногенными» V, Co, Pb, Zn, Cd, что не вполне соответствует данным, полученным при исследовании аэрозолей [10] и указывает на необходимость дальнейших исследований.

В своем исследовании Ю.В. Ермолов [31] упоминает о согласии его данных по изменению минерализации атмосферных осадков с высотой, с данными из работы В.А. Казанцева «О зональности минерализации и химического состава атмосферных осадков в Западной Сибири и некоторые вопросы солепереноса». В этой работе помимо вышеперечисленного, содержатся и другие интересные выводы.

Широтная зависимость существует и по химическому составу осадков. В зонах лесотундры и северной тайги наряду с сульфатами и гидрокарбонатами щелочных земель (солями континентального происхождения) значительная доля в формировании химического состава атмосферных осадков принадлежит солям типично морского генезиса (хлориды натрия). С брызгами морской воды они увлекаются конвекционными потоками воздуха в атмосферу. Равнинность территории Западной Сибири способствует переносу их на значительные расстояния, где они и поступают на поверхность почвы. Этот вывод не совпадает с выводом А.В. Корзуна [40] о том, что аэрозоли морского генезиса не распространяются далее 200-300 км по территории Арктики.

В горном Алтае в осадках доминируют сульфаты, поскольку в составе аэрозолей здесь преобладают продукты выветривания горных пород. Возможен также ветровой принос сульфатов из Казахстана и приток их с техногенными выбросами. В зонах средней и южной тайги в метеорных водах ведущее место занимают гидрокарбонаты щелочных земель, а в южной лесостепи и степи — сульфаты магния и натрия. Здесь же снова появляются хлориды щелочных металлов. Источниками их поступления в атмосферу являются, вероятно, соляные озера бессточных областей. Таким образом, по мере увеличения континентальности климата растет доля сульфатов в химическом составе атмосферных осадков.

Для более точного ответа на вопрос о влиянии и дальности переноса морских аэрозолей с атмосферными осадками, обратимся к статье Л.П. Голобоковой [25] с соавторами «Изменение химического состава приповерхностного снега в Восточной Антарктиде по мере удаления от побережья».

В ходе экспедиции по маршруту станция «Прогресс» – станция «Восток» были отобраны пробы снежного покрова на разной глубине до 150 см. Расстояние от берега изменялось от 50 до 1276 км. Целью данного исследования являлось получение точных данных о химическом составе снежного покрова Антарктиды, его пространственно-временной изменчивости. Основные результаты работы представлены ниже.

Доминирующий вклад геохимию снега вносят аэрозоли морского происхождения. На расстоянии 519 км, это влияние ослабевает и увеличивается влияние других источников, которое приводит к росту суммарной концентрации компонентов на

расстоянии 560-618 км от берега. Качественный состав снега не изменяется. Автор предполагает, что это связано с увеличением поступления аэрозолей континентального происхождения, привносимые сюда циклонами. Это ионы Mg, K, SO₄ и Al.

Данные выводы говорят о том, что в Антарктиде морские компоненты переносятся на значительные расстояния на 1000 км вглубь материка. Особенностью Антарктиды является её удаленность от других континентов и покрытие её осадочного чехла покровным ледником, что не дает распространяться «местным» континентальным частицам и влиять на химизм осадков в этом районе.

Но в условиях Российской Арктики, влияние Северного ледовитого океана на химизм осадков ослаблен т.к. большую часть года он покрыт льдами и влияние континентальных аэрозолей больше, чем в Антарктиде. Атмосферная циркуляция тоже имеет существенные различия. Поэтому влияние морских аэрозолей на химический состав осадков различается на различных территориях и зависят от факторов указанных выше.

Для выявления региональных закономерностей переноса химических элементов в аэрозольной форме и их влияние на состав метеорных осадков, обратимся к статье Д.В. Московченко и А.Г. Бабушкина «Особенности формирования химического состава снеговых вод на территории Ханты-Мансийского АО» [54].

Авторами были проанализированы данные о химизме снеговых вод на территории ХМАО, как фоновых, так и промышленных территорий добычи углеводородов. Авторам удалось обнаружить некоторые закономерности, касающиеся фоновых концентраций в разных частях округа.

Данные Д.В. Московченко подтверждают тенденцию уменьшения минерализации с увеличением широты. Также выявлены две тенденции переноса сульфат-ионов и ионов хлора. Концентрация сульфатов уменьшается с запада на восток, и по данным автора и В.Ф. Рапуть с соавторами [69], причиной является юго-восточный перенос воздушных масс с сульфатами техногенного происхождения.

Вторая тенденция уменьшения концентрации хлоридов с востока на запад. Автор считает, что это связано с уменьшением его естественного содержания в тиррегенном материале, которое увеличивается от зоны тайги к зоне степей. Ниже в табличном виде (Таблица № 2.2) приведены данные о средней концентрации химических элементов в снежном покрове фоновых территорий ХМАО по данным автора.

Исследованием геохимии ландшафтов тундры занимается М.П. Тентюков. В своей докторской диссертации [80] «Экогеохимия районов промышленного освоения Большеземельской тундры и Ямала», он рассматривал влияние работы буровой установки по химическому составу снега. Проанализировав полученные данные, Михаил

Таблица 2.2 – Фрагмент таблицы «Статистические показатели снеговых вод в ХМАО».

Показатель	Сульфаты	Хлориды	Взвешенные вещества	Нитраты	Ион аммония
Среднее значение, мг/л	1,5	3,4	11,7	1,3	0,34

Источник: Московченко, Бабушкин, 2012 [52].

Пантелеймонович сделал несколько выводов. Влияние на химизм осадков могут воздушные массы, характеристики которых, изменяются от года к году, поэтому выводы о влиянии того или иного фактора на химизм осадков, необходимо делать при многолетних данных на исследуемую территорию.

Автор пишет об увеличении концентрации диоксида серы и азотсодержащих соединений в результате морозным конденсированием этих соединений. Этот процесс выражен особенно ярко в тундре зимой т.к. при проникновении западных «теплых» циклонов зимний. Воздушные массы в циклоне характеризуются сравнительно высокой относительной влажностью, чем приземные слои воздуха над снежной поверхностью, то вертикальное перемешивание воздуха в результате турбулентности приводит к обмену тепла и влаги между приземной атмосферой и подстилающей поверхностью. В процессе такого вертикального турбулентного обмена возникает вертикальный градиент концентраций атмосферных компонентов. Поскольку давление насыщенного пара над заснеженной поверхностью меньше, чем в приземном слое воздуха, это вызывает перемещение водяных паров по направлению к снежному покрову. В условиях контраста температур, возникающих с приходом циклонов, данный механизм действует в Арктике как своеобразный насос, «закачивая» в снежный покров избыток влаги из атмосферы, а вместе с ней – часть техногенных эмиссий. Аккумулированные в снежной толще они могут контролировать ионно-солевой состав снеговой воды [80].

В рассматриваемой теме, интересны работы Котовой Е.А. [44] которая рассматривала химический состав осадков и его происхождение в Европейском секторе Арктики (в основном) и восточнее до п-ова Таймыр. В основу работы легли данные с Гидрометеорологических постов (ГМС) о химическом составе осадков из результатов мониторинга.

Данные полученные автором подтверждают влияние морских аэрозолей на прибрежные территории в виде привноса ионов хлора и натрия, а также сульфат ионов. Атмосферная циркуляция на исследуемой территории имеет ряд особенностей. Привнос теплых и влажных воздушных масс с циклонами на территорию с Атлантического океана

и Средиземного и Чёрного морей. Атмосферные осадки континентального происхождения обогащены ионами гидрокарбоната, кальция и магния, особенно в теплый период года.

На уровень рН найдено влияние запыленности атмосферы в летний период, которые выражается в нейтрализации атмосферных осадков. В холодный период наблюдается обратный процесс. В многолетнем цикле прослеживается яркая динамика концентраций элементов от года к году. Проанализировав корреляцию между составом осадков и их количеством связи не выявлено, как в жидких, так и в твердых. Анализ обратных траекторий показал, что влияние на подкисление осадков оказывают предприятия Вологодской области. Подкисление происходит из-за более высоких концентраций иона аммония и нитратов. Антропогенное влияние также отмечено на увеличение концентрации сульфатов на некоторых станциях ГМС.

На основе данных о концентрациях хлорид иона в снеге Е.А. Котова составила карту на побережье Арктики. На этой карте отмечены и проинтерполированы значения с двух ГМС в п. Марресале и п. Сеяха. На западном побережье концентрация хлорид ионов выше, чем на восточном. Автор также отметил, повышенное содержание нитратов в п. Сеяха, предположительно антропогенного происхождения.

При сравнении ионного состава жидких и твердых атмосферных осадков, значительных расхождений не наблюдалось. Но в станциях расположенных далее вглубь континента, отмечались повышенные концентрации гидрокарбонатов и магния в снежном покрове.

В целом, работа Е.А. Котовой хороша тем, что охватывает большую территорию Арктики, проанализирован многолетний ряд данных, что способствует установлению различных закономерностей гораздо более точно, чем имея разрозненные данные, или данные за отдельные годы. Важным является вывод о значительных (диапазон корреляции равен 30-500%) расхождениях в концентрации ионов от года к году. Именно поэтому необходимо проводить мониторинг ионного состава осадков ежегодно, для более точного отслеживания доли влияния различных источников, как природных, так и техногенных.

Влияние моря на ионный состав снежного покрова изучался в работе Лобкиной В.А. и Казаковой Е.Н. [47] в работе «Миграция химических элементов из морской воды и их последующая аккумуляция в снежном покрове (юг острова Сахалин)». По полученным результатам установлено, что на юге о-ва Сахалин происходит вынос элементов морского генезиса (Na,Cl,SO₄), однако их концентрация в снежном покрове невелика. На объем выносимых элементов большое влияние оказывает наличие значительного по площади ледяного припая в береговой полосе. Отмечено, что концентрация элементов уменьшается при удалении от берега вглубь острова, а также на подветренных склонах. Влияние моря

на содержание сульфатов не имеет прямой зависимости. Содержание в пробах элементов, источником которых являются аэрозоли морского генезиса, заметно больше на склонах, обращенных к морю. Основным фактором, влияющим на концентрацию аэрозолей морского генезиса в снежном покрове, – направление ветра в период от выпадения снега до перекрытия его следующим слоем. Данное исследование также подтверждает активный перенос ионов натрия и хлора с моря на сушу на расстоянии около 80 км (средняя ширина южной части о. Сахалин).

Обратимся к кандидатской диссертации М.И. Василевич «Формирование химического состава снежного покрова в таёжной зоне Европейского северо-востока России» [17]. В ней автор изучил химический состав снежного покрова республики Коми, как на фоновых территориях, так и в зоне влияния техногенеза. По результатам работы были составлены следующие далее выводы.

Автор пишет: «Снежный покров таежной зоны Европейского северо-востока России (Республика Коми) характеризуется низкой минерализацией и кислой реакцией среды. Кислотность талой воды обусловлена преобладанием сильных минеральных кислот и дефицитом нейтрализующих соединений». Подобные характеристики справедливы и для таежной зоны Западной Сибири [31,54].

«Наблюдается статистически достоверная широтная дифференциация в распределении макро- и микроэлементов в снеге с юга на север: увеличение суммарного содержания катионов и уменьшение – анионов». На территории Западной Сибири такой закономерности нет. Ермолов [31] приводит данные об общем уменьшении содержания большинства катионов и анионов до 60-62° широты, а затем происходит увеличение содержания.

Повышенное поступление веществ характерно для юго-западной и восточной границ исследованной территории. В этих направлениях проживает больше населения и находится промышленных предприятий, которые создают дополнительные источники поступления веществ в атмосферу.

Атмосферные осадки играют важную роль в поступлении основных биогенных элементов на территорию таежной зоны. Накопление органического углерода происходит преимущественно за счет локальных источников и составляет 20% от общего модуля поступления веществ. Отмечено уменьшение доли легкоокисляемого углерода и общего азота в снежном покрове с юга на север, поступление фосфора не зависит от других биогенных компонентов и обусловлено терригенными источниками.

Формирование химического состава снежного покрова фоновых территорий таежной зоны происходит, главным образом, за счет растворимых соединений элементов.

Коэффициенты обогащения элементами растворимой фракции значительно больше, чем для фракции малорастворимых соединений и близки к значениям коэффициентов накопления для атмосферного аэрозоля. Геохимические ряды металлов для снежного покрова и почв различны. Данные факты свидетельствуют о том, что химический состав снежного покрова фоновых территорий таежной зоны формируется преимущественно за счет дальних переносов, влияние локальных источников незначительно. Чтобы сделать подобный вывод на территорию Западной Сибири, необходимо сравнить данные о составе аэрозолей и снежного покрова в один временной отрезок (зиму). Таких исследований в таёжной зоне Западной Сибири не проводилось.

По данным М.И. Василевич класс и подкласс талых снеговых вод по Алекину О.А. [9] – сульфатный класс и кальциевый подкласс. Наибольшая доля анионов принадлежит сульфатам и нитратам (нитратов больше в южной тайге), среди катионов кальцию и натрию. Подобный состав снега отличается от данных о типе вод в горных районах Якутии [51] и Алтая [72], где среди анионов преобладают гидрокарбонаты. В таежной зоне Западной Сибири по данным Д.В. Московченко [54], в среднем хлоридов больше чем сульфатов. Возможной причиной таких различий является разница в местах формирования осадков и траекториях движениях воздушных масс.

К вопросу о причинах подкисления осадков с увеличением широты, Ермолов с соавторами [31] указывал на причину подкисления снега – уменьшение поступления ионов Са и Mg. В своей работе М.И. Василевич [17] рассчитала соотношения различных модулей поступления веществ, в том числе и щелочной (Са+Mg/SO₄). Данный модуль получился максимальным в Северной тайге, а не в Южной. Возможно, источником этих элементов в северных широтах республики Коми, являются морские аэрозоли. Это подтверждают значения других модулей.

Автор пишет [17]: – «Элементы магний и натрий имеют, как правило, морское происхождение, калий – терригенное. Значение соотношения (Mg + Na)/(Са + К) отражает преобладание морской (>1) или терригенной составляющей (<1). В южной тайге ионы натрия и магния преобладают над содержанием ионов калия и кальция, что обусловлено техногенными факторами, а не влиянием морского аэрозоля. Данное предположение подтверждается отклонением соотношения Na/Cl относительно значения для морской соли, равного 0,86. В южной тайге это соотношение составляет 2,08, северной – 1,22. С юга на север таежной зоны наблюдается увеличение концентрации в снеге хлорид-ионов и катионов натрия. Этот факт указывает на усиление влияния северных воздушных масс богатых морским аэрозолем».

Автором были составлены геохимические ряды элементов в разных подзонах тайги. В южной тайге доминируют катионы Na и Ca, анионы NO₃. В средней и северной подзоне катионы Ca и Na, анионы SO₄. Рассматривать результаты химического состава снежного покрова с присутствием антропогенного влияния в данном обзоре не целесообразно т.к. нас интересует естественные факторы формирования химического состава.

М.И. Василевич в статье «Особенности формирования химического состава снежного покрова на территории Печоро-Ильчского биосферного заповедника» [18], исследовала химический состав на территории заповедника и в окрестных районах. Полученные данные говорят об более минерализованном и менее кислом составе снега, чем в западных равнинных территориях. Заповедник расположен в предгорьях Северного Урала, и полученные значения являются результатом естественного привноса веществ при движении воздушных масс через горный массив, а также, большая близость заповедника к промышленным регионам Пермского края и Свердловской области.

Из литературного обзора изложенного нами во второй главе настоящей работы, мы выяснили, что в полярных широтах в непосредственной близости от моря в составе атмосферных осадков в т.ч. и снега, будут преобладать ионы натрия и хлора. Удаляясь, дальше от морского побережья мы получим увеличение концентрации кальция, калия и гидрокарбонат, и сульфат ионов. Минерализация с высотой падает и изменяется химический состав. Химический состав снега может различаться на склонах разной экспозиции. Кислотность снега при приближении к морю увеличивается. Минерализация осадков в Арктике мала – 8-20 мг/л.

2.1.2 Траектории движения воздушных масс зимой на п-ове Ямал

Большое влияние на ионный состав оказывает территория, где начала образовываться и перемещалась в дальнейшем воздушная масса с осадками. Если воздушная масса значительное время перемещалась по территории моря, то испарившаяся влага с океана будет обогащена ионами хлора, натрия и отчасти магния. Если испарение происходит из вод континентального происхождения, то в составе метеорных вод будут преобладать ионы гидрокарбоната, кальция, калия и отчасти сульфат ионы. Эти выводы основаны на данных о гидрохимическом составе вод океана и континентов [7,59,79].

Поэтому для понимания причин химизма атмосферных осадков выпадающих в виде снега на территорию полуострова необходимо знать территорию образования воздушной массы и ей траекторию. Для решения этой задачи необходимо воспользоваться методом построения обратных траекторий воздушных масс с помощью полулагранжевой

модели HYSPLIT [5]. Модель, основываясь на данных о перемещениях воздушных масс, может построить как прямые, так и обратные траектории их движения. Мы построили все траектории для периодов (продолжительность периода 12 часов) с осадками по данным ближайшей к научному стационару «Васькины Дачи» метеостанции в п.с. Маррессале [6]. Для использования модели мы выбрали ряд условий представленный ниже.

Number of trajectory: one

Type of trajectory: Normal

Database: GDAS, 1 degree, global.

Coordinates: 69.7135 N, 66.8522 E.

Trajectory direction: Backward

Vertical motion: Model vertical velocity

Total run time: 240 hours.

Остальные параметры – дата, время и высота изменялись в зависимости от периода с осадками по данным метеостанции [6]. Построенные траектории были экспортированы в формат .kmz, для отображения в программном обеспечении Google Earth. На рисунке 3.1 представлен результат построения траекторий за период с 30.10.2016 по 29.03.2017.

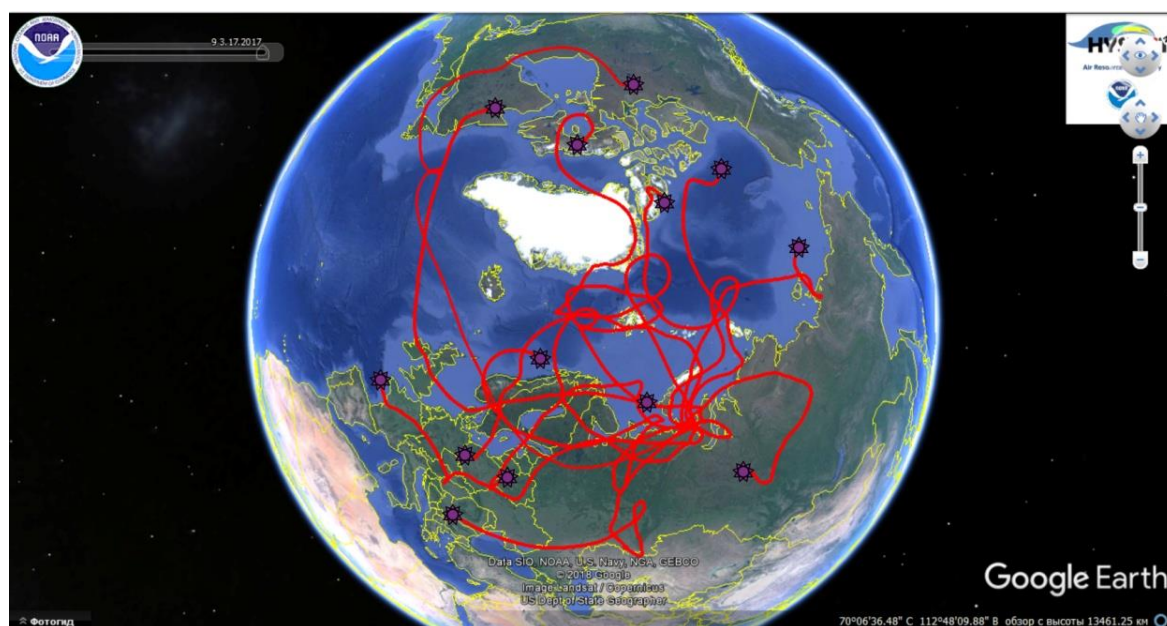


Рисунок 3.1 – Обратные траектории воздушных масс в Google Earth. (Звездочками отмечены начальные точки заданных траекторий). Составлено автором.

Из-за большего количества периодов с осадками, и соответственно, обратных траекторий, было принято решение сократить число траекторий для удобства подачи информации. Было выделено 13 периодов с осадками с наибольшим объемом осадков. Перечень этих периодов с метеорологическими данными представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Перечень периодов с осадками для построения обратных траекторий движения воздушных масс.

№ п/п	Дата	Время	Нижняя граница облачности, м	Количество осадков, мм
1	11.09.2016	20:00	300	9,0
2	20.11.2016	13:00	300	4,3
3	24.11.2016	05:00	200	3,3
4	26.11.2016	20:00	300	3,2
5	28.11.2016	17:00	300	4,3
6	12.12.2016	14:00	300	3,3
7	12.01.2017	20:00	300	2,8
8	17.01.2017	17:00	300	3,7
9	25.01.2017	08:00	200	3,5
10	12.02.2017	08:00	600	3,1
11	20.02.2017	02:00	200	1,3
12	03.03.2017	14:00	200	2,0
13	10.03.2017	02:00	300	4,0

Источник: Составлено автором.

Из рисунка 3.1 видно, что основными источниками возникновения воздушных масс принесших осадки на западный Ямал, являются – северо-восточная Атлантика, Арктическая часть Северной Америки, континентальные районы Восточной Европы. Большинство траекторий начинаются или проходят через океан. Однако большая часть Северного Ледовитого океана в зимнее время покрыта льдом (Приложение Г). Не покрыта только часть, примыкающая к северо-восточной части Атлантического океана, воды которого более теплые. Для большей части траекторий наблюдается перемещение с запада на восток под воздействием западного переноса воздушных масс в умеренных широтах. Таким образом, для зимнего периода на метеостанции в Марресале, осадками поступали с теплыми и влажными воздушными массами из Атлантики и более холодными и менее влажными массами из Североамериканской Арктики.

Помимо данных об источнике происхождения воздушных масс, необходимо знать характеристики ветра на исследуемой территории. На Ямале, как следствие тундровых ландшафтов и близости к океану, существует активная ветровая деятельность. Высокие скорости ветра зимой, могут перемещать частицы выпавшего снега на значительные расстояния до нескольких километров [24]. Поэтому, анализ ветровой деятельности

необходим для понимания траекторий движения снега при метелях и оценки влияния ветровой деятельности на химический состав снега полуострова.

Для правильной интерпретации данных геохимии снежного покрова, также необходимо учитывать данные об условиях снегонакопления. Динамика изменения высоты снежного покрова и объема выпавших твердых осадков за исследуемый период, необходимы для оценки влияния различных факторов на формирование снежную толщу.

Для решения этой задачи мы воспользовались данными с двух метеостанций расположенных ближе к полевому маршруту, на котором осуществлялся отбор проб и измерение физических характеристик снежного покрова. Это метеостанции в п. Сеяха и п.с. Марресале, метеорологические данные которых представлены ниже.

2.1.3 Климатическая характеристика п-ова Ямал

Общая характеристика климата

Территория Ямала относится к западно-арктическому климатическому району [45]. Главная особенность климата муссонный характер циркуляции атмосферы: летом преобладают воздушные массы, идущие с Атлантического океана, и зимой с материка на океан. Это приводит к большому разбросу температур и многообразию ветров, а в результате столкновения этих масс выпадает большое количество осадков, имеют место снежные бураны и оледенения береговой зоны [35]. Климат суровый: лето короткое и прохладное, зима долгая (до 9,5 месяцев) и малоснежная с частыми метелями (до 140 дней в году).

Основными климатообразующими факторами этого района являются высокоширотное расположение территории, небольшой приток солнечной радиации, удаленность от теплых и влажных атлантических воздушных масс, равнинный рельеф, обеспечивающий проникновение вглубь полуострова воздушных масс [46].

В связи с глобальными изменениями климата прогнозируется значительное увеличение среднегодовой температуры (0,3-0,4° С на десятилетие) и годового количества осадков на 500-600 мм к 2020 г [73]. Изменения климата сопровождаются волнами потепления и похолодания: 1910-1945 потепление, 1945-1975 похолодание, 1975-... потепление [63]. Изменение климата на полуострове вписывается в общую тенденцию потепления, но изменение температуры приземного слоя воздуха происходит в различных регионах по-разному.

Солнечная активность. Поступление солнечной радиации на полуострове Ямал крайне неравномерно, что в первую очередь обусловлено наличием полярного дня и ночи. В период с ноября по январь значения прямой солнечной радиации очень низки. С

февраля начинается постепенный рост, вследствие, увеличения продолжительности дня, высоты солнца и уменьшения облачности. Поскольку полуостров расположен севернее полярного круга (от 66°30' до 72°55' с. ш.), то продолжительность полярного дня колеблется от нескольких суток до трех месяцев, а полярной ночи — от нескольких суток до двух с половиной месяцев. С мая поступление прямой солнечной радиации уменьшается, облачность увеличивается и возрастает доля рассеянной радиации [46].

Благодаря круглосуточному освещению весной и летом число часов солнечного сияния здесь большое: в апреле на севере полуострова — 225, а на юге—250 [15], в июле — соответственно 230 и 300 [62]. В среднем за год продолжительность солнечного сияния изменяется от 1100 ч на севере Ямала до 1600 ч на юге.. При движении с севера на юг полуострова величина суммарной радиации возрастает от 69 до 80 ккал/см² в год. Основная часть лучистой энергии, поступающей на земную поверхность в исследуемой области, приходится на долю рассеянной радиации [86].

Радиационный баланс при движении с севера на юг полуострова увеличивается от 12 до 19 ккал/см² в год. С октября по март величины радиационного баланса отрицательны (от —0,6 до 1,4 ккал/см² в месяц). Зимой, когда подстилающая поверхность однородна, наибольшее влияние на распределение величины радиационного баланса оказывает облачность. Максимальные положительные величины этого баланса наблюдаются в июле на всей территории Ямала. Она же активно влияет на величину эффективного излучения. Оно максимально зимой при минимальной облачности и годовое значение составляет около 40 ккал/см² [86].

Анализ региональных особенностей изменения прямой радиации в Западной Сибири в 1961-2010 показал, что тенденция к уменьшению солнечной радиации ослабевает. Региональные изменения согласуются с глобальными изменениями общей облачности. С конца XX в. отмечается тенденция к увеличению показателя прозрачности атмосферы на территории России [46].

Температура. Температурный режим имеет черты континентального климата. Открытая для меридиональных воздушных масс, территория полуострова подвергается быстрым сменам температурного режима, как среднемесячным, так и суточным [86]. Характерной особенностью годового хода температур воздуха является отсутствие ярко выраженного минимума зимой.

Среднегодовая, максимальная и минимальная температуры воздуха на метеостанциях полуострова за последнее десятилетие (01.01.2007 – 01.01.2017), приведены в таблице №1. [6,7].

Таблица 2.4 – Температуры воздуха в С° в населенных пунктах Ямальского района ЯНАО.

По данным метеостанций.

Населенный пункт	Среднегодовая температура	Максимальная температура	Минимальная температура	Количество наблюдений
п. Сеяха	-7,7	29,7	-47,5	28827
п.с. Марр-сале	-5,8	28,3	-47,7	27421
г. Салехард	-4,7	31,9	-45,8	29364
п. Тамбей	-8,8	23,7	-51,4	8922

Источник: Составлено автором с использованием «Статистика погоды gr5.ru».

Самыми холодными месяцами на Ямале являются январь, февраль и март со среднемесячными температурами минус 24-26°С, самыми теплыми – июль и август со среднемесячными температурами плюс 5-6°С [35]. В течение девяти месяцев в северной части полуострова и восьми месяцев — в южной средние месячные температуры воздуха отрицательные. Средние месячные температуры ниже -20°С продолжаются с декабря по март. Абсолютный минимум температуры воздуха зафиксирован в п. Сеяха (—61,7 °С) 21.04.2008 [46]. В остальных районах он составляет —54—56° С. Из-за быстрой смены областей низкого и высокого давления для зимнего времени характерны резкие колебания температуры воздуха по дням, достигающие 15—20°С в сутки [62].

Летом значительное влияние оказывает океан, охлаждая воздушные массы переносимые на материк. Это влияние усиливается муссонным режимом циркуляции атмосферы. Зимой преобладает приход более теплых воздушных масс с юго-запада, и средние значения температур мало отличаются от таковых на севере европейской части.

На территории Бованенковского НГКМ (н.с. Васькины дачи) многолетние тенденции изменений индексов экстремальности температуры согласуются с трендом глобального изменения климата: увеличение годовых максимумов и минимумов, уменьшение годовой амплитуды, количество морозных дней увеличивается [46]. За период 1998-2010 в декабре-феврале максимальная температура увеличилась в среднем на 1,9° С, минимальная на 2,7° С, амплитуда суточного хода уменьшилась на 0,8° С.

Режим увлажнения. В зимние месяцы упругость водяного пара минимальна — 1,0—1,5 мб, а в июне—августе достигает максимальных величин — 7—12 мб. Весной и осенью величина этого показателя колеблется в больших пределах (2,5—8,0 мб). В южной части полуострова с мая по ноябрь абсолютная влажность воздуха гораздо выше, чем в северных районах. Упругость мала, вследствие низких температур.

Относительная влажность воздуха на всей территории Ямала высокая (70—90 %) в течение всего года, что обусловлено низкими температурами воздуха и соседством

холодных вод Карского моря. В зимние, весенние и осенние месяцы разница в величине этого показателя между северными и южными районами полуострова практически отсутствует, а в летние месяцы прослеживается уменьшение относительной влажности воздуха при движении с севера на юг, особенно в дневное время.

В течение всего года на Ямале преобладает пасмурная погода, особенно в прибрежной части полуострова. Число пасмурных дней по общей облачности в районе Тамбея составляет 204, Нового Порта — 183, Салехарда — 157. На полуострове наблюдается почти постоянная облачность от 4 до 9 баллов. За период наблюдения 1998-2010 гг. абсолютно чистое небо было отмечено 8 раз на м.с. Марресале, м.с. Сеяха 1 раз [46].

Роль нижней облачности особенно велика на севере Ямала (около 50 % пасмурных дней), в то время как на юге число пасмурных дней с нижней облачностью составляет около 30 % от их общего количества. Максимальное число пасмурных дней наблюдается с мая по октябрь, а минимальное — в феврале — марте. Вероятность пасмурного состояния неба в июле на севере Ямала составляет 70—80 %, а на юге — 60—65 %, в то время как в январе пасмурность почти одинакова в пределах всей территории полуострова (55—60 %). Средняя годовая облачность на полуострове равна 7,3 балла [86].

На распределение осадков оказывает взаимодействие холодного воздуха Арктики и теплых влажных масс из Атлантики и средиземноморья. Общее количество годовых осадков составляет от 230 мм на северной половине Ямала, что сопоставимо с полупустынными зонами, до 400 мм на юге полуострова [62,86]. В Марресале в среднем за 1991-1999 гг. годовое количество осадков составило 313 мм [6]. Большая часть осадков выпадает в период июнь-сентябрь. Малые осадки зимой являются результатом действий антициклонов с юга Западной Сибири и центральных частей Восточной Сибири [86].

В целом коэффициент увлажнения на всей территории положительный. Испарение на территории полуострова менее 100 мм в год и всегда меньше количества осадков. Относительная влажность держится на достаточно высоком уровне. Большинство осадков выпадает в сентябре (до 200 мм). Суточный максимум осадков наблюдается в июле и составляет 40 мм [46].

Давление и ветер. Циркуляция атмосферы на полуострове Ямал находится под влиянием арктических и умеренных воздушных масс. Следствием их взаимодействия является развитие циклонической деятельности на арктическом фронте, который меняет своё положение в течение года.

Летом над Северным Ледовитым океаном давление воздуха выше, чем над материком. Вдоль северного побережья между нагретой сушей и холодными водами

северных морей образуются наиболее значительные барические градиенты. Северный поток воздушных масс прослеживается до высоты 5—7 км. Давление воздуха над уровнем моря летом снижается при движении с севера на юг. В зимние месяцы, наоборот, оно увеличивается при движении в этом направлении [38,46]. Проникновение зоны пониженного давления от исландского минимума на Баренцево и Карское моря, обуславливает с октября по март активную циклоническую деятельность.

Над территорией Ямала большую часть года преобладает западный и юго-западный перенос воздушных масс, что связано с отрогом азиатского антициклона. При прогревании поверхности давление над ней падает, и меняются преобладающие направления ветра на северный и северо-восточный [46,86]. В переходных периодах, когда барическое поле не имеет значительных градиентов, преобладают ветра южного, западного и северо-западного направлений.

По данным метеостанции (далее м.с.) п.Сеяха [7] наиболее повторяются ветра северного и юго-восточного направлений за период с 1998 – 2010 гг. [46]; а за период 2011-2017 южные. На м.с. в Марресале за период 1998-2010 преобладают ветра юго-восточного и северо-восточного направлений; за период 2011-2017 юго-западные и юго-восточные ветра [6]. Эти данные подтверждают изменения в циркуляции воздушных масс связанные с изменением климата, однако стоит отметить, что перемещения воздушных масс на полуострове всегда будут динамичным из-за низкой континентальности и равнинного рельефа.

В северных районах Ямала скорость ветра примерно на 2—3 м/с больше, чем в южных. Число дней с сильным ветром (более 15 м/с) возрастает при движении с юга на север (от 41 до 53), а также в периоды, когда наблюдаются наиболее высокие средние скорости — осенью и зимой. Число дней с сильным ветром в осенне-зимние месяцы достигает пяти-семи, а в весенне-летние — трех-пяти. Максимальные скорости ветра — 30—35 м/с в южной части и 35—40 м/с — в северной. Скорости ветра более 20 м/с наблюдаются ежегодно, а максимальные скорости (около 40 м/с) возможны один раз в 20 лет. Минимальные среднемесячные значения скорости ветра наблюдаются в летние месяцы, а максимальные в переходные сезоны. Изменение скорости ветра в течении суток отчетливее видны летом и в переходные месяцы. Наибольшая скорость ветра проявляется днем, а минимальная ночью [46].

Атмосферные явления. Метели, т. е. перенос снега над поверхностью земли ветром, скорость которого превышает 5 м/с,— это частое и характерное атмосферное явление в зимнее время на Ямале. Они нередко возникают внезапно и часто переходят в пургу. Основные причины большой повторяемости метелей заключаются в частом

прохождении циклонов, сильных ветрах и снегопадах. Метели на Ямале наблюдаются с сентября по май. Среднее годовое число дней с метелью увеличивается при движении с юга на север полуострова. В районе Салехарда наблюдается в среднем 43 дня с метелью в год, в районе Нового Порта—90, Тамбея—137, а на северной оконечности Ямала — не менее 140 дней. Для Ямала характерны большие объемы снегопереноса ($> 1500 \text{ м}^3/\text{м}$).

Общая продолжительность метелей значительная. Так, в Новом Порту она превышает 1000 ч/год, а средняя продолжительность метели в день составляет 3-10 ч, с максимумом до 2-3 суток [46,62]. Метели связаны главным образом с циклонами арктического фронта, но иногда и с регенерировавшими на арктическом фронте южными циклонами). Особенно жестокие метели и бураны наблюдаются при прохождении западных циклонов. Скорость ветра при метелях в среднем составляет 10-13 м/с, редко более 20 м/с.

Дымка и туман явления, ухудшающие видимость довольно распространены на полуострове. Для северных и прибрежных районов Ямала характерны частые туманы, особенно в летние месяцы. На северной оконечности Ямала годовое число дней с туманом на севере полуострова достигает 100-150, в южной части в среднем 40 – 60. На июнь — август приходится 40 %, а на май — октябрь — 70 % [46,66]. Летние туманы имеют здесь адвективное происхождение, т. е. на сушу приносятся с моря и от кромки льдов. В южных районах на побережье Обской губы туманных дней гораздо меньше. Дымка наблюдается во все сезоны в среднем 40-45 дней в году. Для неё характерны западные и юго-западные ветра.

Образование гололеда возможно с октября по май, с максимальной частотой в январе-феврале. Среднее годовое число дней с гололедом в западной части Ямала равно 10, а в восточной — 5, число дней с изморозью — 40—45 [32]. Максимальный диаметр отложения гололеда на проводах 5 мм в восточной половине полуострова и до 10—15 мм — в западной [71]. Годовая продолжительность оледенения проводов в разных районах Ямала колеблется от 200 до 500 ч. Среднее число дней с изморозью равно 15. Это явление наблюдается с апреля по ноябрь, чаще всего в октябре [46].

Для территории северного Ямала характерно преобладание хорошей видимости более 10 км, с преобладанием в холодный период. Ухудшение видимости до 4 км отмечается в 2-5 % случаев. Видимость менее 1 км не превышает 2,5% за год [46]. В суточном ходе ограниченная видимость чаще бывает в утренние часы перед восходом солнца.

Зимний период. Время начала устойчивых морозов на Ямале совпадает со средней датой перехода суточной температуры воздуха ниже значения - 5-6° С, а окончания — с

переходом средней суточной температуры выше уровня - 6-7°C. Переход к отрицательной температуре осенью происходит быстрее, чем весной у положительной. Первый заморозок обычно появляется в начале сентября, последний – в начале июля [46].

Зима — наиболее суровый и длительный сезон года, причем ее продолжительность существенно различна в разных районах полуострова. В подзоне арктических тундр она начинается в конце первой — начале второй декады октября, а заканчивается в середине третьей декады мая, т. е. длится здесь около 230-260 дней [46]. Погодный режим зимнего периода обусловлен активной циклонической деятельностью, особенно в его первую половину. Происходит интенсивное выхолаживание приземного слоя воздуха из-за наличия полярной ночи и высокой отражательной способности снежного покрова. В результате частых циклонов велика межсуточная изменчивость температуры воздуха и других климатических показателей.

Зима холодная и ветреная, средние месячные температуры воздуха колеблются от —16 до /—25°C, а средние месячные скорости ветра от 7 до 9 м/с. Радиационные и циркуляционные условия зимы на Ямале определяют наличие почти всех классов морозной погоды. Преобладают значительно и сильно морозные погоды с ветром (60—70 %). Велика доля жестоко морозной погоды (13—16%). Эквивалентно-эффективная температура, которая характеризует тепловое ощущение человека, возникающее при совместном воздействии температуры, влажности и скорости ветра, очень низка (ниже — 45 °C).

Снежный покров. Продолжительная и холодная зима на Ямале благоприятствует накоплению снега. В твердом виде здесь выпадает 45—50 % годового количества осадков. Число дней со снежным покровом колеблется от 233 (на юге) до 261 (на севере). Даты образования и схода снежного покрова довольно сильно изменяются в различные годы. Разница между самыми ранними и самыми поздними датами колеблется от 25 до 35 дней [67,46].

Атмосферные осадки холодного сезона по своему происхождению являются преимущественно фронтальными. Их источником являются атлантические циклоны [93]. Наибольшее количество атмосферных осадков, в декабре наблюдается в юго-западной области полуострова, расположенной на границе с Полярным Уралом. Менее увлажненными являются центральная, южная и восточная части полуострова. Наименьшее количество осадков наблюдается в западной и северной областях п-ова Ямал [78].

В основном снег интенсивно накапливается в ноябре и декабре, когда над Ямалом часто проходят циклоны. В дальнейшем высота снежного покрова не увеличивается так

быстро, что обусловлено преобладанием антициклональной атмосферной циркуляции и уплотнением снега под влиянием ветра. Наибольшая высота снежного покрова наблюдается в апреле. Со второй декады мая высота снега уменьшается, из-за начавшихся процессов таяния и уплотнения с преобладанием последних. Интенсивность схода снежного покрова зависит от особенности погоды весной. В среднем разрушение устойчивого снежного покрова происходит во второй декаде мая [46]. После разрушения устойчивого снежного покрова образуется временный. Последние выпадения снега приходится на июнь, редко на первую декаду июля.

Распределение снежного покрова по территории полуострова происходит крайне неравномерно. Благодаря активной ветровой деятельности, снег больше накапливается в понижениях рельефа где его высота может достигать 3-4 метров. Средняя высота снежного покрова на плакорах 15-20 см. Плотность снега изменяется в течение зимы с общим трендом увеличения со временем. Его средняя плотность в мае составляет $0,46 \text{ г/см}^3$.

Максимальная высота снежного покрова за последнее десятилетие (2007-2017) на м.с. в Марресале наблюдается в последней декаде апреля (89 см), а на м.с. в окрестностях п. Сеяха — в последней декаде мая (95 см) [6,7]. Мощность снежного покрова убывает при движении с севера на юг Ямала от 40 до 70 см. За последнюю декаду лет средняя высота снежного покрова в Марресале составила 11,9 см, в п. Сеяха 24,1 см [6,7]. Из-за безлесья территории довольно сильной изрезанности рельефа и сильных ветров снежный покров залегает чрезвычайно неравномерно.

Для характеристики ветровой деятельности были выбраны следующие параметры: повторяемость ветра по 16 румбам, средняя скорость ветра по румбам, доля ветров со скоростью более 5 м/с по румбам. Все данные брались с архивов погоды на метеостанциях с сайта www.rp5.ru [6,7]. Данные о преобладающем направлении ветра были представлены за каждый период наблюдения равный трём часам. Данные о преобладающем направлении ветра помогут узнать о направлении переноса снежных частиц. Для уточнения влияния того или иного направления необходимо собрать данные о средней скорости ветра за все периоды наблюдений. По этим данным составляется роза скоростей ветра по всем 16 румбам и диаграмма долей ветра со скоростью более 5 м/с. Ветер дующий со скоростью от 5 м/с способен вызывать метелевый перенос снега. С увеличением скорости происходит смена метеорологических явлений от низовой поземки до метелей различной силы и дальности переноса снежных частиц.

На метеостанции помимо данных о параметрах ветра, фиксируются данные о параметрах снегонакопления – высота снежного покрова и количество выпавших осадков.

Теоретически высота снежного покрова должна увеличиваться пропорционально количеству выпавших осадков в виде снега. Но влияние различных метеорологических факторов может вносить изменения в эту зависимость, например ветровая деятельность. Изучение этих факторов может помочь в характеристике условий снегонакопления уже в естественных природных ландшафтах. Ниже представлены анализ данных ветровой деятельности и снегонакопления по данным двух метеостанции.

Климатическая характеристика п. Сеяха

Сёяха (Сё-Яха) — поселок Ямальского района Ямало-Ненецкого автономного округа. Расположен в восточной части полуострова Ямал, на реке Сёяха (Зеленая), в месте её впадения в Обскую губу. Координаты поселка: 70°10'00" с. ш. 72°30'30" в. д.

Роза ветров в п. Сеяха за зиму 2016/17 гг. представлена на рисунке 3.2. Зимой, по

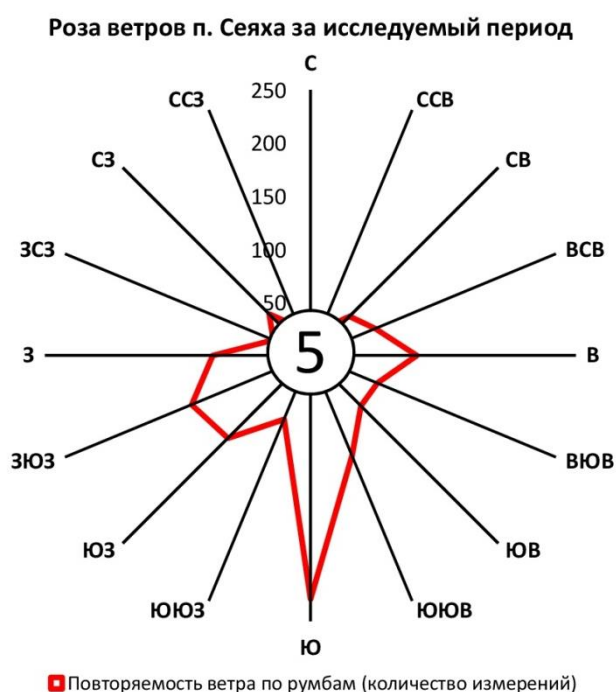


Рисунок 3.2 «Роза ветров за исследуемый период в п. Сеяха». В центре число с периодами штилей. (Составлено автором).

данным за исследуемый период, в поселке наблюдается ярко выраженное преобладание южных ветров (Рисунок 3.2), вследствие движения воздушных масс с континента в океан. На втором месте, находятся ветра юго-западного и западно-юго-западного направлений. Западные направления характерны при движении ветра от центра полуострова к периферии.

Средняя скорость ветра за исследуемый период составляет 5,74 м/с для всех направлений. Наиболее сильные ветра западно-северо-западного (8,34 м/с), северо-восточного (8,15 м/с) и северо-северо-восточного (8,19 м/с) направлений (Рисунок 3.3).

Средняя скорость ветра по румбам п.Сеяха за исследуемый период

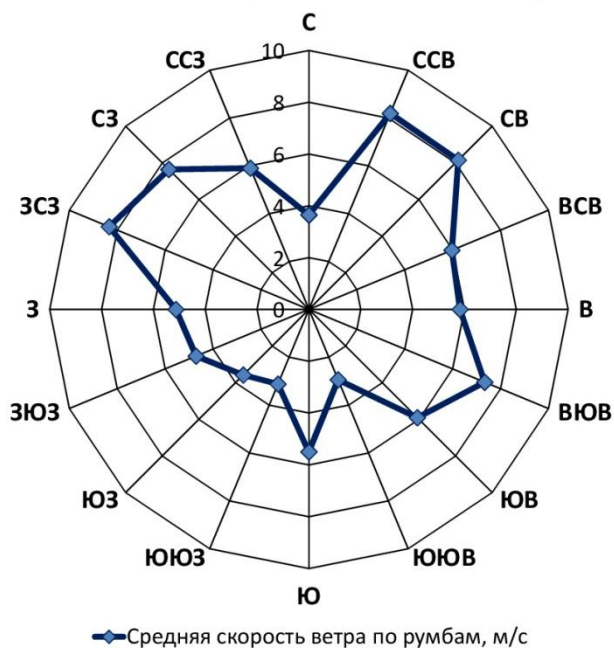


Рисунок 3.3 «Скорость ветра за исследуемый период по румбам, п. Сеяха». (Составлено автором).

Преобладающие направления ветра не имеют значительной средней скорости по данным розы на рисунке 3.3. Следовательно, ветровой перенос будет значителен при ветрах, дующих с направлений: восток, восток-юго-восток, северо-запад.

Согласно диаграмме доли ветров со скоростью более 5 м/с (Рисунок 3.4), наибольшую долю быстрые ветра имеют по направлениям: северо-северо-восток, восток-юго-восток и северо-запад. Два последних направления уже отмечались при описании розы скоростей ветров (см. Рисунок 3.3). Что ещё раз подтверждает активный метелевый перенос снега при ветрах именно этих направлений. Из направлений с наиболее частой встречаемостью можно выделить южное направление. Доля сильных ветров этого направления составила 48%, что учитывая наибольшую повторяемость среди всех направлений, является также одним из ведущих направлений перемещения снежных частиц.

Для анализа условий снегонакопления, был составлен график с динамикой высоты снежного покрова и объема выпавших осадков (Рисунок 3.5) за период накопления устойчивого снежного покрова. Анализируя полученный график на Рисунке 3.5, можно увидеть следующие закономерности. Осадки выпадали относительно равномерно за исследуемый период, за исключение двух отрезков: конец ноября – начало декабря; середина и конец марта. В этих отрезках осадков выпало крайне мало. Всего за исследуемый период (см. Рисунок 3.5) выпало 130,7 мм осадков. Максимальная высота снежного покрова равна 39 см. Средняя высота равна 22,14 см.

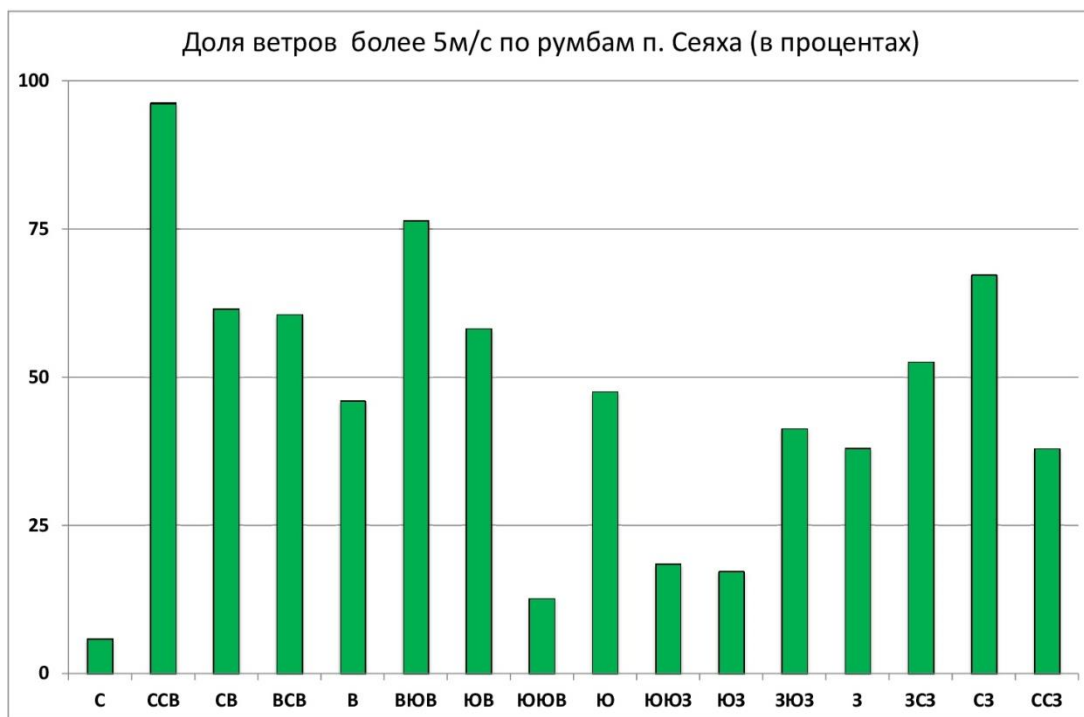


Рисунок 3.4 «Доля ветров со скоростью более 5 м/с в п. Сеяха». (Составлено автором).

Толщина снежного покрова изменялась неравномерно. При анализе динамики высоты снежного покрова мы разбили исследуемый период на три этапа по характеру снегонакопления. Границы этапов на графике обозначены красной вертикальной линией

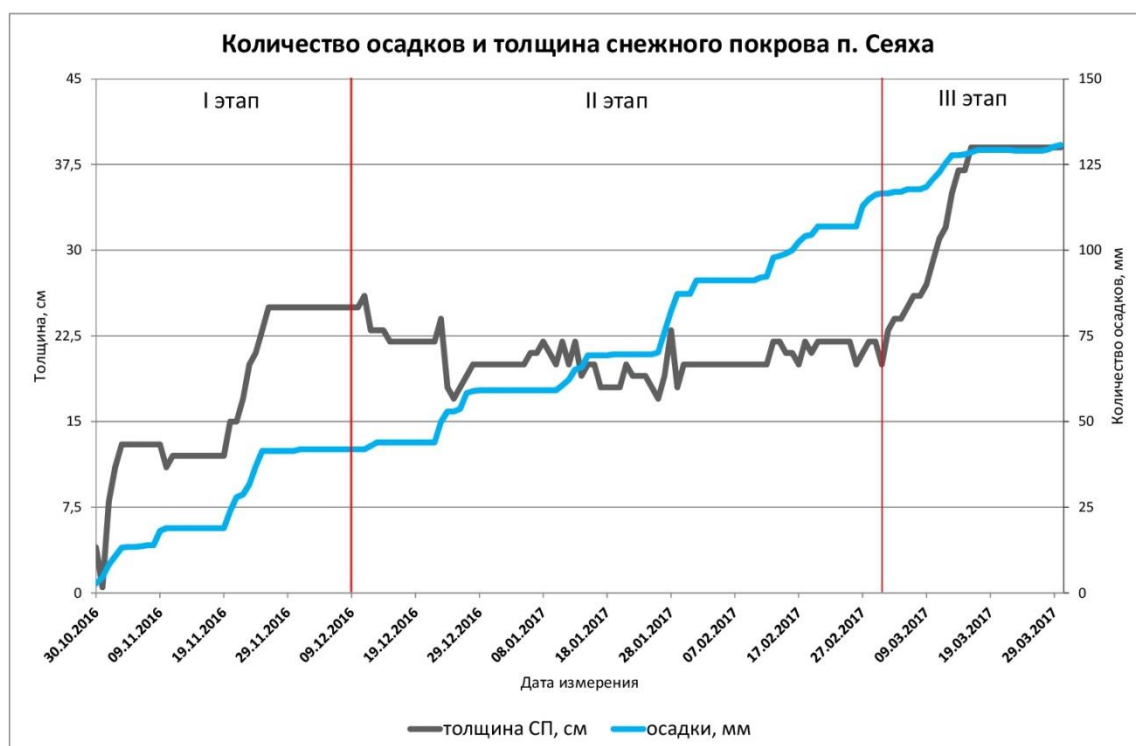


Рисунок 3.5 «Количество осадков и толщина снежного покрова в п. Сеяха за исследуемый период». Данные взяты: Архив погоды в п. Сеяха [7]. (Составлено автором).

(см. Рисунок 3.5). Первый этап: осеннее накопление (30.10.2016 – 09.12.2016). Характеризуется активной аккумуляцией снежного покрова равномерно с выпадением осадков. Второй этап – этап флуктуаций (09.12.2016 – 01.03.2017). Период изменений высоты снежного покрова, как снижений, так и увеличений, при продолжающемся выпадении твердых осадков. Третий этап – мартовское накопление (01.03.2017 – 30.03.2017). С начала марта до момента отбора проб происходит увеличение мощности снежного покрова при выпадении осадков.

Периодическое уменьшение толщины снега свидетельствует о происходящих процессах уплотнения и переотложения снега, как результат ветровой деятельности. Сравним данные о средних скоростях ветра за каждый этап. Средняя скорость первого этапа 3,33 м/с, 5,99 м/с за второй этап и 5,95 м/с за третий [7]. Предположение о зависимости толщины снежного покрова от интенсивности ветровой деятельности подтвердилось в первый и второй этапы, однако увеличение толщины снежного покрова на 3-м этапе происходило одновременно с сильными ветрами, что не соответствует отмеченной закономерности (см. Рисунок 3.5). Этот вывод подтверждают данные о скорости ветра и высоте снежной пачки по дням за месяц ноябрь (Приложение Д).

Климатическая характеристика п.с. Маррсале

Марр-сале (Марресале, Марресаля) – полярная станция на левобережье п-ова Ямал, к югу от устья реки Мараяха. Преобладающие ветра, в отличие от п. Сеяха, здесь восточно-юго-восточные (Рисунок 3.6). На втором месте идут южные ветра. Стоит отметить, что количество штилей здесь гораздо больше – 27 против 5 в Сеяхе. Преобладающие ветра здесь образуются при разнице давлений между морем и сушей. Зимой такая разница образует ветра, дующие с материка на океан. Отсюда и преобладание южных и юго-восточных ветров.

Средняя скорость за исследуемый период составляет 6,77 м/с для всех направлений. Это значение больше чем в п. Сеяха. Скорее всего, это связано с положением станции на левобережье полуострова, куда приходит больше циклонов с запада, и её близкое положение к берегу. Обратимся к розе скоростей ветра построенной по данным метеостанции на Рисунке 3.7.

Роза скоростей ветров по направлениям существенно отличается от аналогичной розы, построенной по данным м.с. Сеяха (см. Рисунок 3.3). Здесь нет ярко выраженных преобладающих направлений. Но несколько более выражены ветра юго-юго-восточные (8,09 м/с), и западные (7,76 м/с).

Роза ветров п.Марресале за исследуемый период

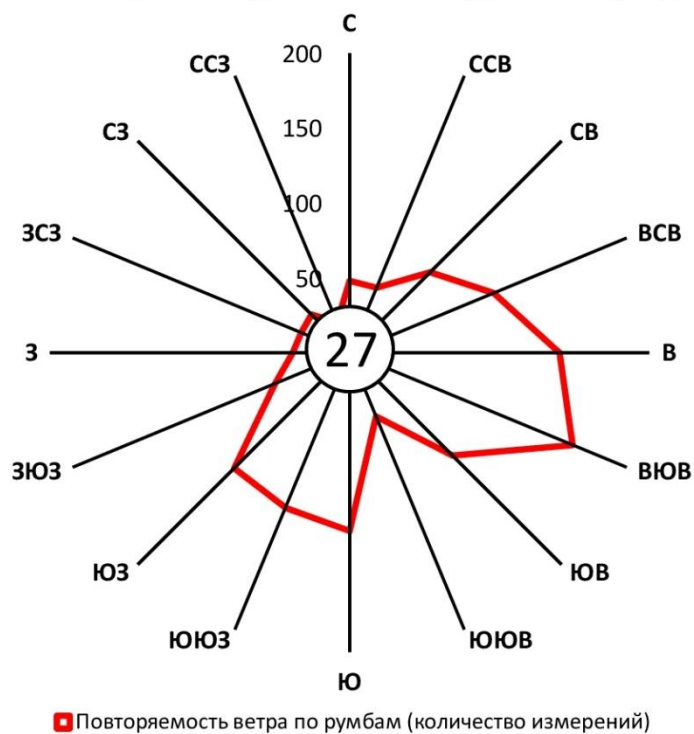


Рис. 3.6 «Роза ветров за исследуемый период в п. Марресале». (Составлено автором).

Средняя скорость ветра по румбам п. Марресале, за исследуемый период

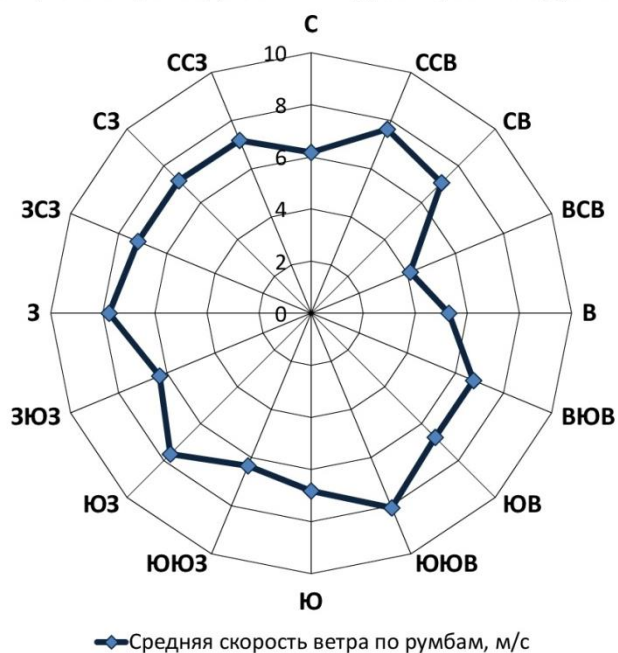


Рисунок 3.7 «Скорость ветра за исследуемый период по румбам, п. Марресале». (Составлено автором).

Доля ветров со скоростью более 5 м/с по направлениям представлена на рисунке 3.8. Здесь аналогичная ситуация, как и со средней скоростью ветра (см. Рисунок 3.7). Очень много направлений с долей сильных ветров более 50%.

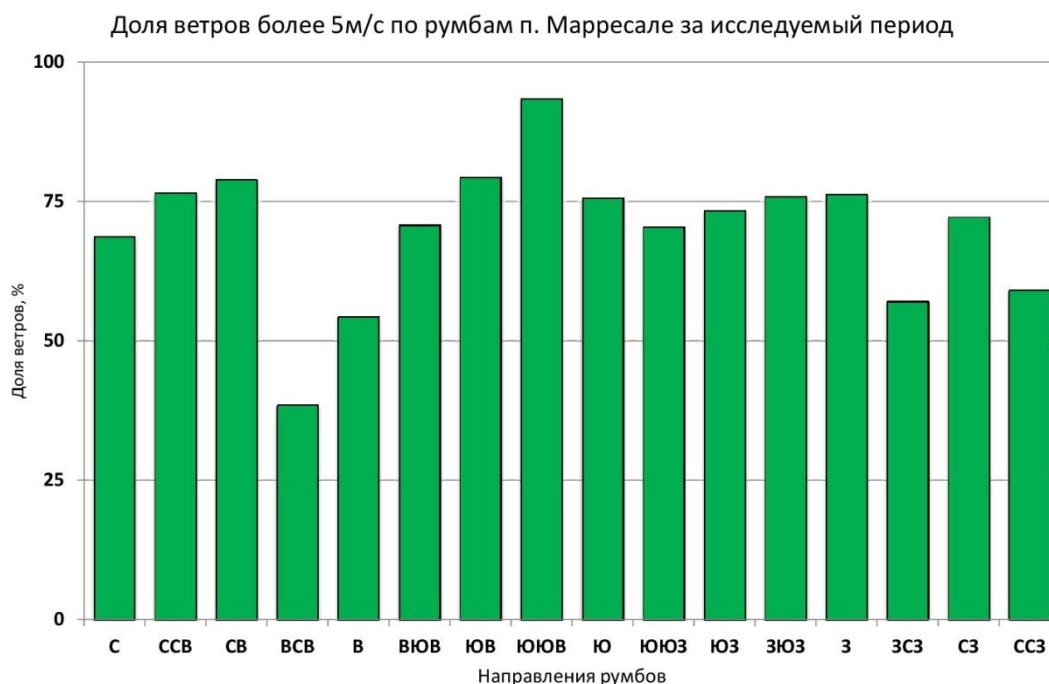


Рисунок 3.8 «Доля ветров со скоростью более 5 м/с в п. Марресале». (Составлено автором).

Это согласуется с высокой средней скоростью ветра – 6,77 м/с. Наиболее сильные ветра дуют по направлению юго-юго-восток (90%), и далее идет несколько направлений со значениями около 75%. При сравнении с данными в п. Сеяха (см. Рисунок 3.4), наблюдается общее увеличение долей по направлениям, а значит, и увеличение средней скорости ветра на данной метеостанции.

Различаются между станциями количество и характер выпадения осадков (Рисунок 3.9). Общее количество осадков в Марресале за исследуемый период равно 98 мм, что меньше, чем в п. Сеяха за тот же период (130 мм) (см. Рисунок 4). В отличие от п. Сеяха, в Марресале толщина снежного покрова меняется с большей скоростью. За первые семь дней высота снежной толщи выросла с 2 до 9 см. Затем она изменялась, уменьшаясь и увеличиваясь вследствие выпадения осадков, метелей и процессов уплотнения в снежном профиле. В марте происходило увеличение высоты снежного покрова, продолжавшееся до момента отбора проб. Средняя высота снежного покрова (см. Рисунок 3.8) равна 9,23 см, с максимумом в 15 см.

При сравнении данных с обеих станций, можно сделать вывод о различиях в интенсивности ветровой деятельности, которая больше в п.с. Марресале. Различны и преобладающие направления ветров. В Сеяхе чаще дуют западные ветры, в Марресале, восточные. Больше количество осадков и менее интенсивные ветра привели к большей высоте снежного покрова в п. Сеяха (см Рисунок 3.5).



Рисунок 3.9 «Количество осадков и толщина снежного покрова в п. Марресале за исследуемый период». (Составлено автором).

Итоги анализа климатических характеристик п-ова Ямал стали следующие:

- На Ямале преобладают ветра южных направления с разной долей ветров западного и восточного направлений. Доли этих ветров зависят от пространственного положения к берегам полуострова. Для западных берегов характерна большая доля восточных ветров, и наоборот.
- Средняя скорость ветра равна 5,7-6,7 м/с. В п. Марресале на западном побережье средняя скорость ветра выше. Средняя скорость по румбам распределена относительно равномерно, с некоторыми не выраженными пиками.
- Количество выпадающих осадков в виде снега распределяется по территории полуострова не равномерно. В п. Сеяха осадков выпадает меньше, чем в Марресале. Толщина снежного покрова больше на западе полуострова.
- Снежный покров накапливается в течении зимы неравномерно из-за ветровой деятельности и процессов уплотнения, и конечно, неравномерного выпадения осадков. Наиболее интенсивно снегонакопление идет в ноябре – начале декабря, из-за приноса осадками циклонами с Атлантики.

2.2 Антропогенные факторы влияния на химический состав снежного покрова

В данном подпункте будут рассмотрены исследования направленные на изучение антропогенного влияния на атмосферный воздух по данным химического состава снежного покрова. В первую очередь будут рассмотрены работы, в которых источником

загрязнений выступят предприятия нефтегазовой отрасли т.к. именно они являются основным источником загрязняющим атмосферу на п-ове Ямал.

Первая работа в этом обзоре литературы эта коллективная монография О.М. Ермилова с соавторами «Воздействие объектов газовой промышленности на северные экосистемы ...» [30]. В ней представлен анализ химического состава снега на территории п. Бованенково в 1995-96 гг. во время его пионерного освоения. Автор пишет: – «Приоритетными загрязнителями снежного покрова территории месторождения являются нефтепродукты, в меньшей мере — аммиачный азот, а также отдельные тяжелые металлы (Cu, Zn)». Ермилов отмечает, что концентрация некоторых элементов сопоставимо с концентрациями их в природных водах. Автор предполагает, что на загрязнение СП связано с трансграничным переносом веществ и отмечает, что содержание элементов в снеге изменяется ежегодно при изменении химизма атмосферных осадков. Данные о содержании химических элементов в снеге представлены в таблице 3.7 в третьей главе.

Некоторые данные о составе снежного покрова на трёх месторождениях: Харасавэйское, Бованенковское и Новопортовское, приводятся в монографии Г.И. Гривы [26]. Анализ данных основан на результатах геоэкологических исследования месторождений п-ова Ямал, перед началом активной добычи углеводородов 1995-2002 гг. Автор отмечает, что на состав атмосферных осадков на Ямале, влияют промышленные предприятия Европы и Норильский ГКМ. Что приводят к выпадению тяжелых металлов Cu, Zn, Pb, Mn и др. [67]. Автор пишет, что в снеговых водах Ямала почти полностью отсутствует ионы Mg и очень мало Cl. Отсюда делается вывод о преобладании континентального состава осадков на полуострове.

Этот вывод расходится с данными С.М. Фотиева и С.Л. Дорожуковой, где Cl имеет более 40% эквивалентного содержания. У Дорожуковой соотношение эквивалентов Mg и Ca одинаковое. Все это говорит нам об изменчивости химического состава осадков со временем.

Харасавэйское месторождение. Обследуемая территория испытывает на себе незначительное антропогенное воздействие в виде атмосферных эмиссий, которое проявляется в повышенных концентрациях в снеге цинка, никеля и, в ряде случаев, — нефтепродуктов. Наиболее негативным проявлением является сильное техногенное закисление снежного покрова [26].

На Бованенковском месторождении, анализ химического состава талых вод месторождения на тяжелые металлы, нефтепродукты, фенолы, бенз(а)пирен, азотистые соединения показал, что снежный покров обследуемой территории в настоящий момент достаточно загрязнен. Причем наибольшее превышение нормативов, как по количеству

показателей, так и по уровню превышения ПДК, отмечается на фоновых, не затронутых хозяйственной деятельностью территориях. Это творит о преобладающем влиянии процессов глобального и регионального атмотехногенного переноса над локальным антропогенным влиянием на загрязнение снежного покрова исследуемой территории [26].

Данный вывод очень интересен. Но проблема в том, что в работе не приводятся местоположения точек отбора проб и понять, что автор посчитал за фон, не представляется возможным. Особенно Геннадий Иванович выделил загрязнение ртутью превышающее ПДК для рыбохозяйственного значения, в половине случаев.

В Новом Порту, практически во всех пунктах наблюдения зафиксировано превышение ПДК по железу, нефтепродуктам, цинку, фенолам, в отдельных точках - по аммонийному азоту. Высокий уровень загрязнения территории месторождения, по всей видимости, связан с большим влиянием атмосферных эмиссий Норильского комбината и промышленных центров Уральского региона [26].

Все вышесказанное говорит о загрязнении снежного покрова на территории месторождений Ямала, преимущественно ТМ, соединениями азота и фенолами, вследствие глобального и регионального переноса воздушных масс.

Интерес вызывает исследование снега в Большеземельской тундре до и после воздействия буровой установки выполненное М.П. Тентюковым [80]. Автор установил, что химический состав СП двух зим, по соотношению главных ионов различен. Различными и оказались основные направления циклонов в эти зимы. Снег в зиму 1983/84 г после установки буровой оказался более кислым. Михаил Пантелеймонович приходит к выводу, что техногенные выбросы при работе буровой установки привели к морозному конденсированию сульфатов и соединений азота. Содержание соединений азота на порядок выросло после установки буровой. Тоже можно сказать и о взвешенных частицах. Доля растворимых компонентов до установки буровой оказалась выше. Автор отмечает, что зимой 1983/84 гг. средние температуры воздуха были ниже, что также повлияло на образование водорастворимых соединений.

Таким образом, автор указывает на природные вариации химического состава в виде содержания Cl, Na, SO₄, HCO₃. Как результат техногенных эмиссий возросли концентрации взвешенных частиц и соединений азота. Автор пишет [80]: – «Чувствительность снежного покрова, как естественного планшета-накопителя, к смене промышленной обстановки в регионе позволяет объективно оценивать состояние окружающей среды. Анализ количественного соотношения макро- и микрокомпонентов является надежным маркером при оценке загрязнения окружающей среды».

Для изучения информации о загрязнении СП нефтедобывающей промышленностью, мы рассмотрим монографию Д.В. Московченко [53] «Экогеохимия нефтегазодобывающих районов Западной Сибири». В его работе рассмотрены как участки условно-фоновые, так и в непосредственной близости к промышленным объектам. Автор указывает, что средняя минерализация осадков в зоне тайги и тундры 10-30 мг/л. Наибольшие превышения этого параметра наблюдались на участках складирования снега в населенных пунктах.

Дмитрий Валерьевич отмечает более низкое содержание сульфатов в снеге ХМАО по сравнению с территориями Томской области и Красноярского края. Самые высокие значения сульфатов отмечались в пригородных районах. Превышения фоновых значений обнаружены в районе факелов сжигания попутного газа и в районе кустов скважин. Превышения фоновых значений по нитратам зафиксированы на участках факельного хозяйства и площадках разведочного бурения. Сульфаты и нитраты попадают в снег из атмосферы при сжигании углеводородов [70]. Ионы аммония NH_4 превышают фон в городах в пробах взятых их складированного снега.

Превышения фоновых значения по хлору зафиксированы на участках бурения и факелов сжигания попутного газа [53]. Автор отмечает, что поступление хлоридов в снег происходит не только из атмосферы, но и из почв под воздействием градиентов температуры и давления во время весеннего снеготаяния.

Нерастворимые твердые частицы в снеге на территории месторождений ХМАО, в большинстве случаев, не значительно отличаются от фоновых значений. Влияние урбанизированных территорий на увеличение содержания твердых частиц распространяется на более 8-10 км.

Для районов воздействия предприятий нефтедобычи характерны более кислая реакция среды (рН). Особенно для территорий возле факелов сжигания попутного газа, где происходят эмиссии окислов азота и серы. Подщелачивание снега характерно для урбанизированных территорий и автодорог.

Содержание углеводородов (УВ) в СП вблизи нефтепромыслов также может возрасти, особенно на участках их разлива. Повышенные концентрации УВ также зафиксированы у факелов и на площадках разведочного бурения. Содержание тяжелых металлов (ТМ) в снеге месторождений превышают фон по Ni, Cr, Cu, Hg, Zn.

К вопросу о влиянии ГМК «Норникель» на химический состав атмосферных осадков на Ямале. А.А. Онучин с соавторами [61] изучил химический состав снежного покрова в районе Норильского промышленного узла. Автор установил, что ореол распространения диоксида серы тянется на расстояние около 500 км на юго-восток.

Выполненные расчеты говорят о выпадении только 2% всех выбросов серы в радиусе 250 км, оставшаяся часть включается в глобальный круговорот атмосферы [61]. Таким образом, предприятия Норильского промышленного центра оказывают значительное влияние на ближайшие территории, в том числе и на п-ов Ямал. Хотя концентрации оксидов серы и азота там меньше, чем в районах Средней Сибири и Среднего Урала.

Исследования загрязнения СП от КС «Вынгапуровская» изучала С.Л. Дорожукова [28]. В пределах станции отмечается более низкий показатель кислотности снежной воды. Наибольшая концентрация твердых частиц также обнаружена в непосредственной близости от КС. Автор пишет: – «Для всей территории промплощадки характерно превышение фоновых величин оксидов азота и ПДК для азота аммонийного». То же самое можно сказать и о нефтяных углеводородах (НУВ). Их концентрации были максимальные в местах, где чаще используется транспорт. Содержание бензопирена в снегу в пределах нормы. Тяжелые металлы не являются специфическими компонентами выбросов нефтегазового производства, однако в снегу обнаружены превышения по Zn, Pb и Hg.

Таким образом, основными загрязняющими веществами, поступающими в атмосферу от предприятий нефтегазового комплекса, являются: оксиды серы и азота, аммиак, твердые частицы различного состава, нефтяные углеводороды, тяжелые металлы, в особенности Zn, Cu, Hg. В отдельных случаях возможны превышения по хлору и катионам натрия и кальция.

Выводы к главе:

- Основным природным фактором, влияющим на химический состав снежного покрова, является химический состав снежных осадков. Он зависит от химического состава испарившейся влаги и физико-химических процессов в атмосфере.
- В районе Российской Арктики в химическом составе снега преобладают ионы натрия и хлора у побережья. При движении вглубь их доли уменьшаются, с возрастанием доли катионов магния и кальция и анионов гидрокарбоната.
- Территорий, источники воздушных масс с осадками на п-ове Ямал за зиму 2016/17 гг. стали: континентальные районы Европы, северо-восточная Атлантика и северная Арктика.
- Климат полуострова Ямал зимой характеризуется низкими температурами, не большим количеством осадков и активной ветровой деятельностью.
- На полуострове Ямал зимой преобладают южные ветра с различными долями западных и восточных ветров на различных побережьях. Западных на восточном и восточных на западном. Количество выпавших осадков больше в западной части полуострова.

- Ведущим антропогенным фактором влияющим на химический состав атмосферных осадков и снежного покрова – выбросы химических соединений и твердых частиц при технологических процессах. Это влияние максимально в непосредственной близости к источнику выбросов. Главными загрязнителями атмосферы являются соединения азота и серы.

Глава 3 Химический состав снежного покрова фоновых территорий полуострова Ямал

Обосновав возможность использование снежного покрова как объекта экологического мониторинга атмосферы фоновых территорий полуострова Ямал, и определив, ведущие природные и антропогенные факторы формирования химического состава снежного покрова, перейдем к практической части нашего исследования. Практическая часть состоит в отборе проб снежного покрова на фоновых территориях полуострова и анализе полученных данных на предмет их применимости в экологическом мониторинге, а также выявлении каких-либо пространственных закономерностей изменения химизма снега.

3.1 Методология практического этапа исследования

Для ответа на вопрос возможно ли использование снежного покрова как объекта экологического мониторинга фоновых территорий, необходимо на практике отобрать образцы снега с фоновых территорий, выполнить их химический анализ и правильно интерпретировать результаты.

Мониторинг химического состава снега п-ова Ямал необходим для получения информация о химическом составе твердых осадков и их изменение во времени. С помощью полученных нами данных, возможно, отследить влияние снежного покрова на природные ландшафты данной территории. Для осуществления мониторинга необходимо отбирать образцы снега для лабораторного анализа на приоритетные загрязняющие вещества и основные ионы. По данным о концентрации различных элементов и их соотношении в снеге фоновых территорий, можно судить о наличии антропогенного загрязнения атмосферного воздуха и его влияния на геоэкологию ландшафтов полуострова.

Мониторинг снежного покрова необходимо проводить с максимальным территориальным охватом для отслеживания имеющихся различий на территории полуострова. Точки для отбора проб необходимо выбирать в фоновых участках, для исключения влияния на химизм снега техногенеза. Величина влияния того или иного фактора необходимо оценить для определения площади влияния.

В соответствии с задачами данного исследования, был разработан маршрут по территории полуострова для изучения химического состава снежного покрова фоновых территорий. Точки отбора проб выбирались с расчетом удаления от прямых источников антропогенного загрязнения воздуха и по возможности, чтобы маршрут проходил через месторождения, которые будут разрабатываться в будущем. Схематично маршрут представлен на рисунке 3.1. Как видно из данных рисунка 3.1, маршрут проходит через

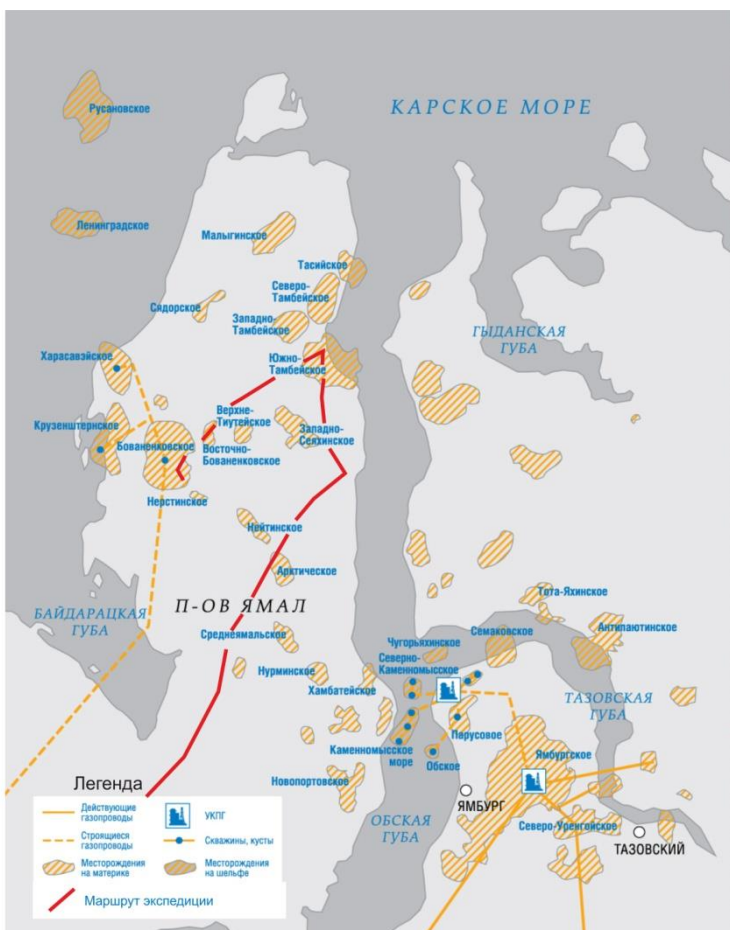


Рисунок 3.1 – Карта-схема маршрута

исследования и месторождений углеводородного сырья (Составлено автором).

дорог на территории Ямала немного, что осложняло построение наиболее оптимального маршрута для исследования.

Полевой выезд для отбора проб снежного покрова произведен в период с 31 марта по 15 апреля 2017 года. Пробы отбирались в соответствии с РД 52.04.186-89 [4]. Снежный покров отбирался пластиковой лопаткой и помещался в пластиковые zip-пакеты IKEA объемом 2,5 л. Отобранные пробы таяли при комнатной температуре и переливались из пластиковых пакетов в пластиковую тару объемом 500 мл. Всего было отобрано 26 проб (Приложение Б). Далее пробы транспортировались в химическую лабораторию ВНИИОкеанологии г. Санкт-Петербург, где пробы анализировались на содержание основных ионов, а именно, катионов: Na, Ca, Mg, K; анионов: Cl, HCO₃, SO₄.

Концентрации главных ионов в оде определялись методом ионной хроматографии на приборе Metrohm 940 Proffesional IC Vario (Рисунок 3.2). Ионная хроматография – это высокоэффективная жидкостная хроматография для разделения катионов и анионов на ионообменниках низкой емкости [82]. Для сепарации анионов (Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻) были использованы Metrosepp A Sup 5 -250/4,0 колонки и 5 ммоль раствор Na₂CO₃/NaHCO₃ в

разрабатываемые месторождения – Южно-Тамбейское и Бованенковское; неразрабатываемые – Арктическое, вблизи Западно-Сеяхинского и Восточно-Бованенковского. Таким образом, полученные данные могут пригодиться при определении фоновых значений элементов на ещё не разрабатываемых месторождениях.

Были выбраны 26 точек по маршруту (Приложение Б), в которых осуществлялся отбор проб снежного покрова, изучение условий его залегания и вертикальный профиль.

Определенную сложность представляет транспортная инфраструктура полуострова т.к.



Рисунок 3.2 – Ионный хроматограф Metrohm 940 Professional IC Vario. (Источник: <https://metrohm-russia.ru>)

качестве элюата и скорость потока 1 мл/мин. MSM-A вентиль блок использовался для минимальной чувствительности применяемого метода равной 10 ppb, общая ошибка не превышает 4%. Для неподавленной ионной хроматографии катионов (Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), использовали колонку Metrosep C6 – 250/4.0 и смесь 1,7 миллимоль азота 1,7 миллимоль дипиколинового раствора кислоты как элюент со скоростью потока 0,9 мл/мин. Для калибровки применялись сертифицированные стандарты ионных микстур (Флюка).

Полученные результаты проверялись по суммарному соотношению катионов и анионов. Результаты химических анализов снежной воды и их интерпретация представлены ниже в пункте 3.2.

Далее приводится характеристика каждой точки отбора проб с координатами в системе WGS 1984. Также приводится информация об удаленности от источников антропогенного влияния и географического положения.



Рисунок 3.3 – Местоположение точки №1 (Источник Google Earth)

Номер точки: 1 (Рисунок 3.3).

Координаты: N67 41 49.8; E68 02 09.7.

Удаленность от антропогенных источников: от ж/д Обская-Карская – 310 м.

Географическое положение: Площадка LAV-2, рядом с долиной р.Юньяха.

Номер точки: 2

Координаты: N68 11 44.3; E68 58 56.3.

Удаленность от антропогенных источников: от ж/д Обская-Карская – 180 м.

Географическое положение: Разъезд 10 ж/д Обская-Карская. К востоку от оз.Ямбудо.

Номер точки: 3

Координаты: N70 21 49.0; E72 21 11.1.

Удаленность от антропогенных источников: от ж/д Обская-Карская – 16,03 км.

Географическое положение: В 15 км к западу от Юрибейского моста.



Рисунок 3.4 – Местоположение точки №4 (Источник Google Earth)

Номер точки: 4 (Рисунок 3.4)

Координаты: N67 41 49.8; E68 02 09.7.

Удаленность от антропогенных источников:
от ж/д Обская-Карская – 140 м.

Географическое положение: 424 км ж/д
Обская-Карская, 20 разъезд.

Номер точки: 5

Координаты: N70 21 49.0; E72 21 11.1.

Удаленность от антропогенных источников:
в 22 км на север от п. Сеяха.

Географическое положение: 22 км на север
от п. Сеяха и 8 км на запад от Восточного
побережья.

Номер точки: 6 (Рисунок 3.5)

Координаты: N70 46 10.1; E71 39 44.9.

Удаленность от антропогенных
источников: в 52 км на северо-востоке п. Сабетта.

Географическое положение: 52 км к югу от
Сабетты.

Номер точки: 7

Координаты: N71 13 24.7; E72 11 40.5.

Удаленность от антропогенных
источников: в 170 м от стоянки технологического
транспорта.

Географическое положение: на водной
поверхности Обской губы, в 100 м от берега.

Номер точки: 8 (Рисунок 3.6).

Координаты: N70 18 04.8; E68 50 28.5.

Рисунок 3.5 – Местоположение точки №6 (Источник Google Earth)

Удаленность от антропогенных

источников: от ж/д Обская-Карская – 2,43 км.

Географическое положение: площадка ВД-3. Водораздельная поверхность
междуречья Муртыяхи и Сёяхи мутной.

Номер точки: 9 (Рисунок 3.6).

Координаты: N70 18 06.0; E68 50 34.1.

Удаленность от антропогенных источников: от ж/д Обская-Карская – 2,43 км.

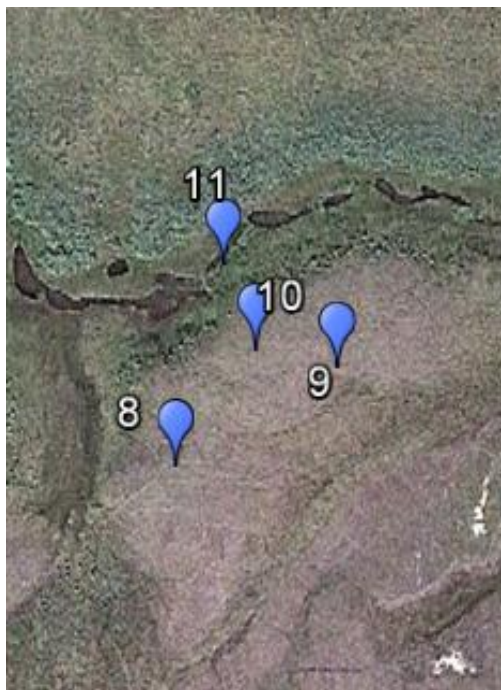


Рисунок 3.6 – Местоположение точек №8-11 (Источник Google Earth)

Географическое положение: площадка ВД-3.
Водораздельная поверхность междуречья Муртыяхи и Сёяхи мутной.

Номер точки: 10 (Рисунок 3.6).

Координаты: N70 18 06.2; E68 50 31.2.

Удаленность от антропогенных источников: от ж/д Обская-Карская – 2,43 км.

Географическое положение: площадка ВД-3.
Водораздельная поверхность междуречья Муртыяхи и Сёяхи мутной.

Номер точки: 11 (Рисунок 3.6).

Координаты: N70 18 07.2; E68 50 30.0.

Удаленность от антропогенных источников: от ж/д Обская-Карская – 2,43 км.

Географическое положение: площадка ВД-3.
Водораздельная поверхность междуречья Муртыяхи и Сёяхи мутной. Долина ручья.

Номер точки: 12 (Рисунок 3.7).

Координаты: N70 17 43.4; E68 53 05.0.

Удаленность от антропогенных источников: от ж/д Обская-Карская – 1,35 км.

Географическое положение: площадка ВД-2.
Водораздельная поверхность междуречья Муртыяхи и Сёяхи мутной.

Номер точки: 13

Координаты: N70 17 45.0; E68 52 01.0.

Удаленность от антропогенных источников: от ж/д Обская-Карская – 1,99 км.



Рисунок 3.7 – Местоположение точки №12 (Источник Google Earth)

Географическое положение: Водораздельная поверхность междуречья Муртыяхи и Сёяхи мутной. Между площадками ВД-3 и ВД-2.

Номер точки: 14 (Рисунок 3.8)

Координаты: N71 11 13.3; E71 28 46.8.

Удаленность от антропогенных источников: к юго-западу от ближайшей кустовой площадки Южно-Тамбейского месторождения – 6,36 км.



Рисунок 3.8 – Местоположение точек №11-15 (Источник Google Earth)

Географическое положение: Долина р. Сабетаяхи.

Номер точки: 15 (Рисунок 3.8)

Координаты: N71 11 25.7; E71 28 19.4.

Удаленность от антропогенных источников: к юго-западу от ближайшей кустовой площадки Южно-Тамбейского месторождения – 6,4 км.

Географическое положение: Долина р. Сабетаяхи. Поверхность озера.

Номер точки: 16 (Рисунок 3.9)

Координаты: N70 17 45.0; E68 52 01.0.

Удаленность от антропогенных источников: от ж/д Обская-Карская – 1,27 км.

Географическое положение: Водораздельная поверхность междуречья Муртыяхи и Сёяхи мутной. Площадка мониторинга CALM.

Номер точки: 17 (Рисунок 3.9)

Координаты: N70 17 4.0; E68 54 31.6.

Удаленность от антропогенных источников: от ж/д Обская-Карская – 1,15 км

Географическое положение: Водораздельная поверхность междуречья Муртыяхи и Сёяхи мутной. Площадка мониторинга CALM.

Номер точки: 18

Координаты: N70 50 54.1; E70 52 45.9.

Удаленность от антропогенных источников: Отсутствие чего-либо антропогенного в радиусе 40 км.

Географическое положение: Пойма р.

Матюяхар, 62 км к юго-западу от п. Сабетта.

Номер точки: 19

Координаты: N70 35 25.5; E69 44 26.4.

Удаленность от антропогенных источников: Отсутствие чего-либо антропогенного в радиусе 40 км.



Рисунок 3.9 – Местоположение точек №16, 17, 22, 23 (Источник Google Earth)



Рисунок 3.10 – Местоположение точки №20 (Источник Google Earth)

Географическое положение: Сердинная часть полуострова, вершина водораздельной поверхности.

Номер точки: 20 (Рисунок 3.10)

Координаты: N70 16 48.4; E68 53 1.3.

Удаленность от антропогенных источников: от ж/д Обская-Карская – 2,2 км

Географическое положение: Водораздельная поверхность междуречья Муртыяхи и Сёяхи мутной. Поверхность озера LK-01.

Номер точки: 21

Координаты: N70 17 52.4; E68 54 18.1.

Удаленность от антропогенных источников: от ж/д Обская-Карская – 840 м.

Географическое положение: Водораздельная поверхность междуречья Муртыяхи и Сёяхи мутной. Поверхность озера LK-02.

Номер точки: 22 (Рисунок 3.9)

Координаты: N70 17 13.9; E68 53 51.8.

Удаленность от антропогенных источников: от ж/д Обская-Карская – 1,37 км

Географическое положение: Водораздельная поверхность междуречья Муртыяхи и Сёяхи мутной. Поверхность озера LK-06.

Номер точки: 23 (Рисунок 3.9)

Координаты: N70 16 56.6; E68 55 24.2.

Удаленность от антропогенных источников: от ж/д Обская-Карская – 680 м.

Географическое положение: Водораздельная поверхность междуречья Муртыяхи и Сёяхи мутной. Поверхность озера LK-12.

Номер точки: 24 (Рисунок 3.11)

Координаты: N70 15 55.3; E68 55 18.8.

Удаленность от антропогенных источников: от ж/д Обская-Карская – 1,62 км.

Географическое положение: Водораздельная поверхность междуречья Муртыяхи и Сёяхи мутной. Поверхность озера LK-15.



Рисунок 3.11 – Местоположение точек №24-25 (Источник Google Earth)

Номер точки: 25 (Рисунок 3.11)

Координаты: N70 16 1.2; E68 55 50.5.

Удаленность от антропогенных источников: от ж/д Обская-Карская – 1,26 км.

Географическое положение: Водораздельная поверхность междуречья Муртыяхи и Сёяхи мутной. Поверхность озера LK-16.



Номер точки: 26 (Рисунок 3.12)

Координаты: N69 58 16.3; E68 22 13.8.

Удаленность от антропогенных источников: от газопровода Бованенково-Ухта на восток – 3,75 км.

Географическое положение: Водораздельная поверхность междуречья Муртыяхи и Нябыяхи. Поверхность озера ВГВ-1 (Воронка газового выброса).

Рисунок 3.12 – Из приведенной характеристики Местоположение точки №26 местоположения точек, можно заключить, что (Источник Google Earth) большинство точек отобрано вне влияния антропогенных объектов. Около половины точек отобраны недалеко от крупного Бованенковского месторождения. Некоторые точки отобраны в значительной удаленности от техногенных источников загрязнения. Отобранные пробы снега в представленных точках, возможно, использовать в качестве фоновых, исходя из их местоположения. Данные из некоторых точек расположенных не так далеко от источников загрязнения необходимо исключить.

3.2 Результаты и обсуждение химического состава снега п-ова Ямал

Полученные результаты представлены в приложении В. В итоге, получены концентрации катионов: Na, Ca, Mg, K; и анионов: Cl, HCO₃, SO₄ в 26 точках. Для обработки результатов были применены методы статистики, а именно расчет среднего отклонения, ошибки среднего, коэффициента вариации и кластерного анализа. Ниже представлена характеристика вариаций значений концентрации каждого элемента, а также pH и минерализации, по территории полуострова. Далее представлены осредненные результаты соотношения макроэлементов в снеге со всех точек и их интерпретация. Затем приводятся результаты статистической обработки результатов. И формируются выводы статистической обработки в виде полученных фоновых концентраций основных ионов в снеге Ямала. А теперь перейдем к **анализу результатов химических анализов снега**.

При *общей минерализации* около 7 мг/л есть участки, на которых минерализация значительно преобладает (Рисунок 3.14). Образец с высокой минерализацией отобран на

ледовой поверхности Обской губы – точка №7 – 38 мг/л (Приложение Б), недалеко от береговой линии. Снег характеризуется типичным для морской воды хлоридно-натриевым составом. Мы предполагаем, что это связано с переносом аэрозолей с Карского моря и берегового снежного вала. Вторая точка с максимальной минерализацией в 50,9 мг/л (точка №26) отобрана на поверхности одной из воронок газового выброса (ВГВ-1). Данная минерализация является результатом просачивания воды из озера на месте воронки, которая была обнаружена при отборе в нижней части снежного профиля. Химический состав озерной воды и снега идентичен. Этим и объясняется более высокая минерализация снега в этой точке.

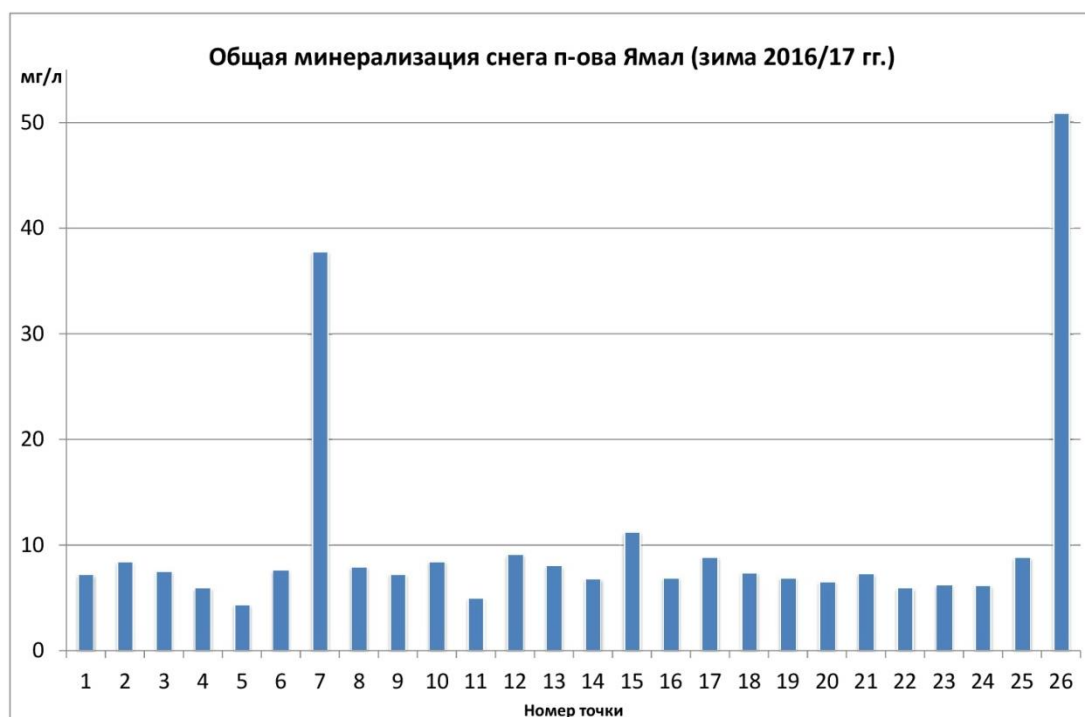


Рисунок 3.14 – Гистограмма значений общей минерализации снега в точках опробования (Составлено автором).

Минимальные значения около 4 мг/л наблюдаются в точках №5 и 11 (см. Рисунок 3.14). Точка №5 расположена на заболоченной приморской равнине. Точка №11 находится в русле ручья недалеко от площадки мониторинга геокриологических условий ВД-2. Глубина отбора пробы 1 метр (шурф 2,5 м). Предполагается, что в связи с ветровым накоплением снега в этой точке, накопление аэрозольных частиц из воздуха в снег идет менее интенсивно из-за большей скорости накопления. Снежная вода абсолютно во всех пробах ультрапресная ниже 200 мг/л [60].

Водородный показатель. Значения водородного показателя представлены на рисунке 3.15. Среднее значение рН талой воды равно 5,61. Данный показатель находится в пределах нормы 5,5-6,5 для снежного покрова фоновых территорий (27,51,54). Только в

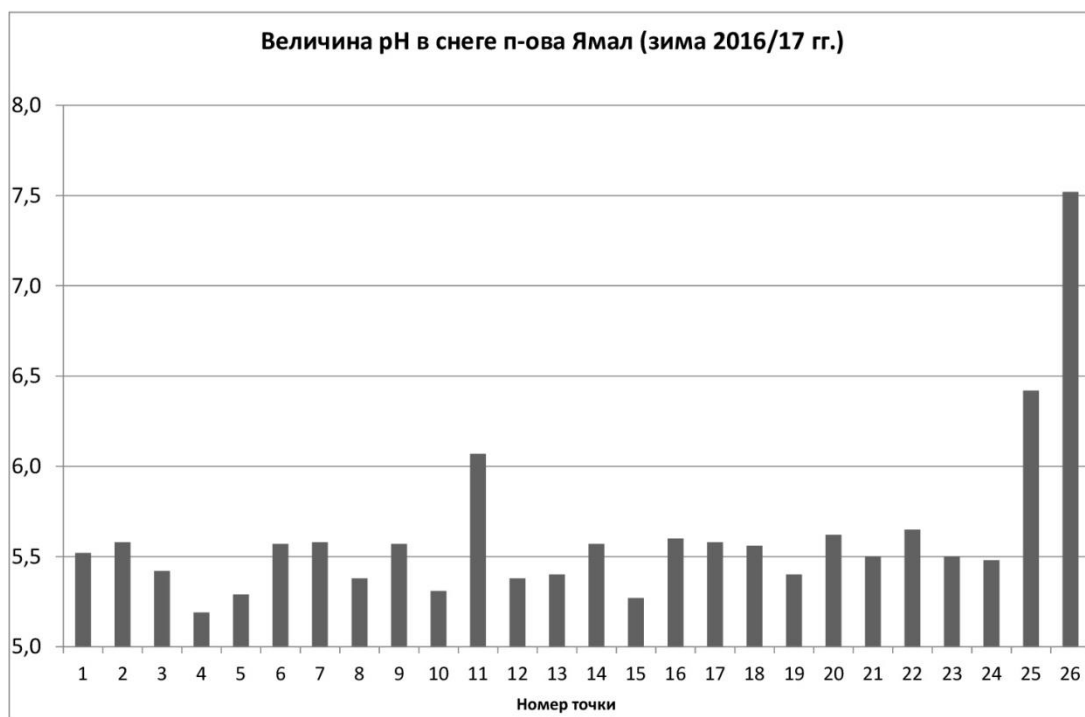


Рисунок 3.15 – Гистограмма значений pH в снеге в точках опробования (Составлено автором).

в точке №26 на ВГВ-1 (Приложение Б) из-за просачивания озерной воды pH увеличилась до 7,52. Однако сравнив значение pH снега и озерной воды (6,6) в этом же озере, выяснилось, что pH снега больше, чем pH воды в озере ($7,52 > 6,6$). На данном этапе объяснить это не представляется возможным. Соотношение анионов в снеге и озерной воде примерно однотипное, но в соотношении катионов есть различия. В снежной воде больше доля кальция и магния по сравнению с озерной водой, где ярко доминирует натрий.

Подобные значения pH говорят о том, что кислотно-основные свойства снежного покрова преобладают сильных минеральных кислот и низкой концентрацией нейтрализующих соединений. Во всех точках общая концентрация анионов преобладает над катионами (кислотный модуль). Щелочной же модуль (соотношение кальций+магний и сульфаты) в большинстве своем отрицательный, т.е. преобладают вышеназванные катионы. Сульфаты преобладают на К и Са только в точках №8, 9, 11, 12, в районе научного стационара и в точке №26 на ВГВ-1.

Анализ концентрации катионов. Результаты химического анализа катионов представлены на рисунке 3.16.

Натрий. Концентрация натрия колеблется от 0,32 до 12,4 мг/л (см. Рисунок 3.16). Среднее значение равно 1,54 мг/л. Максимальное значение обнаружено в точке №7, отобранной на берегу Обской губы. Данное значение объясняется переносом аэрозолей из Обской губы. Минимальные значения зафиксированы в точках №5, 8 и 25. Никакой

зависимости от расстояния от океана в указанных точках нет. Соединения натрия являются легкорастворимыми и способны переноситься атмосферной влагой на значительные расстояния. Активная ветровая деятельность, о которой говорилось выше, также может вносить заметные коррективы в перенос снега по территории полуострова. Возможно, это и объясняет отсутствие четкой зависимости в концентрации натрия при удаленности от левого морского побережья.

Калий. Концентрация калия колеблется от 0,37 до 1,79 мг/л. Среднее значение равно 0,75 мг/л. Максимальная концентрация обнаружена в точке с озера ВГВ-1. О причинах такого превышения уже сказано выше при анализе значений натрия. Калий и натрий, очень похожие элементы в плане растворимости и миграции в атмосфере. Сказанное выше о натрии вполне можно отнести и к калию. Минимальные значения в точках №3-5, 11 и 12 (Приложение Б).

Магний. Концентрация магния колеблется от 0,1 до 1,92 мг/л. Среднее значение равно 0,98 мг/л. Максимальная концентрация обнаружена в точке с озера ВГВ-1. Также высокие значения зафиксированы в «морской» точке №7. Минимальные значения в точках №9, 17 и 24 (Приложение Б). Соединения магния не являются легкорастворимыми и их можно использовать как маркеры континентального происхождения (выветривание континентальных пород). Также источником магния могут быть морские ионы, и, учитывая их слабую растворимость, они могут являться показателем морского происхождения осадков. Однако корреляционный анализ не выявил зависимости между концентрацией элемента и удаленностью от западного побережья.

Кальций. Концентрация кальция колеблется от 0,3 до 4,83 мг/л. Среднее значение равно 0,88 мг/л. Максимальная концентрация обнаружена в точке с озера ВГВ-1. Кальций традиционно считается элементом континентального генезиса и, предположительно, его концентрация должна расти по мере удаления от побережья.

Анализ концентрации анионов. Результаты химического анализа катионов представлены на рисунке 3.17.

Хлориды. Концентрация хлорид ионов колеблется от 1,03 до 18,5 мг/л. Среднее значение равно 1,3 мг/л. Максимальная концентрация обнаружена в «морской» точке №7. Ионы хлора в прибрежных районах имеют морской генезис, что позволяет оценить интенсивность их поступления и дальность распространения вглубь.

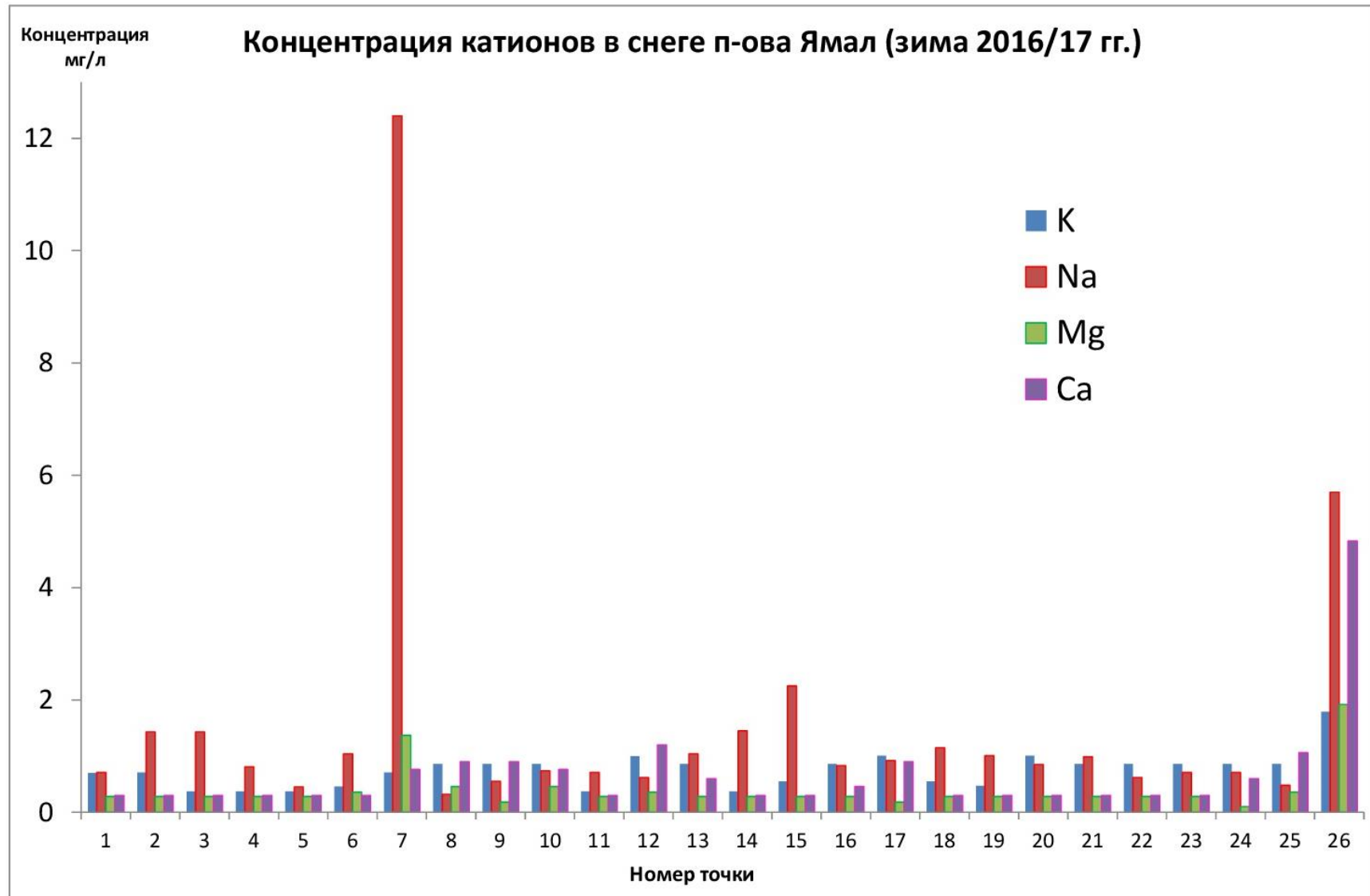


Рисунок 3.16 – Катионный состав снежного покрова п-ова Ямал (Составлено автором).

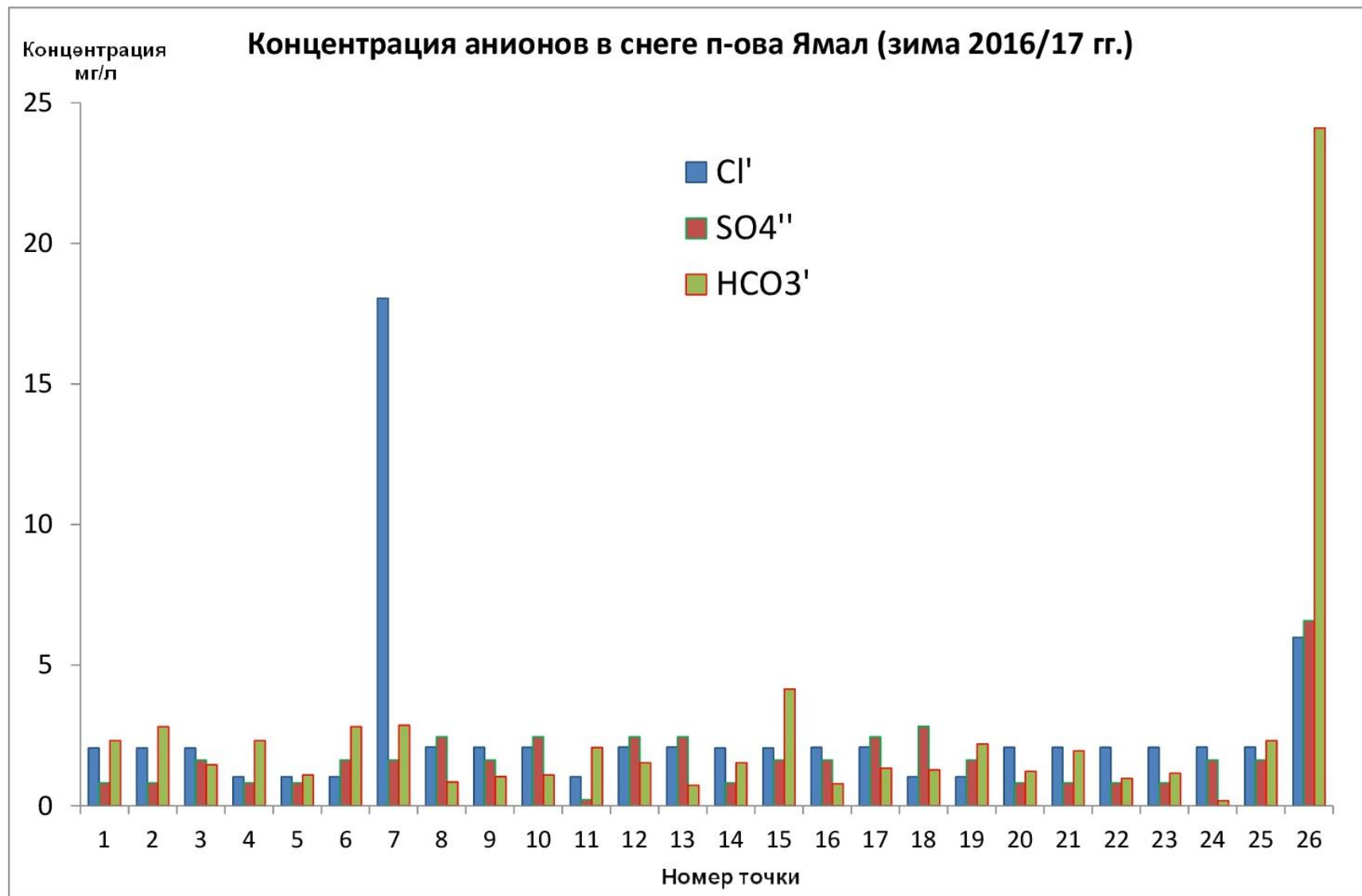


Рисунок 3.16 – Катионный состав снежного покрова п-ова Ямал (Составлено автором).

Минимальные значения в точках №4-6, 11, 18 и 19 (Приложение Б). Концентрация хлора должна уменьшаться при удалении от океана, а именно от западного побережья, которое примыкает к Карскому морю. Однако корреляционный анализ этого не выявил. Точнее, она наблюдается в нижней части полуострова в районе Байдарацкой губы. В точках №1-3 значение 2,06 мг/л а далее при движении на северо-восток к восточному побережью, в точках №4-6 значения равны 1,03 (Приложение Б). При сравнении точек на 70-71° с.ш. с двух побережий, корреляции с удаленностью от западного побережья не наблюдается. Точки №18 и 19 находятся на бóльшем расстоянии от западного побережья чем, например точки №14 и 15. Но концентрация хлоридов в них меньше. Хлор, как и натрий, очень хорошо растворяется и обладает большой миграционной подвижностью.

Сульфаты. Концентрация сульфат-ионов колеблется от 0,22 до 6,58 мг/л. Среднее значение равно 1,37 мг/л. Максимальная концентрация обнаружена в точке с озера ВГВ-1. О причинах такой концентрации уже было сказано ранее. Минимальная концентрация зафиксирована в точке №11, находящейся в русле ручья. Возможно, по причине большей мощности отложений снега в этой точке, концентрация сульфата здесь снижена. Сульфат ионы преобладают в континентальных водах, но прямой зависимости от расстояния до океана не наблюдается.

Гидрокарбонаты. Концентрация гидрокарбонат-ионов колеблется от 0,18 до 24,1 мг/л. Среднее значение равно 1,56 мг/л. Максимальная концентрация обнаружена в точке с озера ВГВ-1. О причинах такой концентрации уже было сказано ранее. Минимальная концентрация зафиксирована в точке №24, находящейся на поверхности озера ЛК-15. Гидрокарбонат-ионы, как и сульфат-ионы, считаются маркерами континентальных вод, но тенденции к их увеличению по мере удаления от западного побережья не наблюдается.

Растворенный углерод. Концентрация углерода колеблется от 1,42 до 6,46 мг/л. Среднее значение равно 3,5 мг/л. Наиболее разбросанные данные получились по этому показателю. Максимальная концентрация обнаружена в точке с озера ВГВ-1. Также высокие значения зафиксированы в «морской» точке №7. Минимальные значения в точках №9, 17 и 24. Минимальные значения обнаружены на водоразделах в районе площадок ВД-2 и ВД-3. Зафиксировано увеличение концентрации в снеге на поверхности озер в районе этих площадок.

Рассмотрев изменение концентраций химических элементов по точкам, мы определили соотношение в процент-эквивалентах катионов и анионов, для каждой точки и в среднем по всем точкам. На территории полуострова талые снежные воды, в большинстве, относятся к хлоридно-натриевому типу с ультрапресной минерализацией около 7,33 мг/л (Формула 7).

$$\frac{Na(38)Mg(23)Ca(23)K(16)}{Cl(48)SO_4(27)HCO_3(25)} \quad (7)$$

Данный тип вод атмосферных осадков характерен, прежде всего, для районов, прилегающих близко к морскому побережью. Интенсивный перенос морских ионов Na и Cl в составе атмосферных осадков увеличивает их концентрацию в природных водах и снежном покрове [40,44,31]. Можно сделать вывод об активном влиянии моря на химизм снега на территории всего полуострова. Содержание катионов Mg и Ca примерно одинаково, среди анионов концентрация сульфатов немного выше, чем гидрокарбонатов.

Сравнение данных. Далее мы сравниваем данные о соотношении ионов полученных в нашем исследовании и данных о химическом составе снега других исследователей, о которых уже упоминалось ранее. Результатом сравнения стала таблица 3.2, в которой указаны формулы солевого состава и общая минерализация.

Таблица 3.2 – Геохимический состав снежного покрова п-ова Ямал

Источник данных	Год	Количество проб, шт.	Формула солевого состава	Минерализация, мг/л
Автор	2017	26	$\frac{Na(38)Mg(23)Ca(23)K(16)}{Cl(48)SO_4(27)HCO_3(25)}$	7,33
Фотиев С.М. (1999)	1980-1990	29	$\frac{Na + K(75) Ca (19) Mg (6)}{HCO_3(48) Cl (45) SO_4 (7)}$	21,00
Дорожукова С.Л. (2004)	2002-2003	40	$\frac{Cl 68 HCO_3 32}{Na 88 Ca 6 Mg 6}$	18,00

Источник: Составлено автором.

При сравнении полученных данных, с данными С.М. Фотиева [83], где он приводит химический состав снеговой воды, отобранный в различных (не уточняется где именно) точках полуострова, получается следующие выводы. Средняя концентрация экв-% гидрокарбонатов у С.М. Фотиева в два раза выше (47,7%) по сравнению с 24,54% в среднем у нас. В наших пробах гораздо больше сульфатов, 27,2% против 6,8%. По хлоридам примерное равенство около 45 %-экв. По нашим данным суммарная концентрация Na+K ниже на 24 %-экв. Но в наших пробах эта разница перешла к Mg и Ca, их доли равны, примерно 22% против 6 и 18 % у С.М. Фотиева [83]. В наших пробах немного меньше общая минерализация примерно на 10 мг.

Геохимический состав снежного покрова с нескольких участков полуострова, в своей работе представила С.Л. Дорожукова [27]. В её формуле солевого состава преобладают ионы хлора и натрия. Катионы калия и анионы сульфатов, по-видимому, не

определялись. Низка доля магния и кальция по сравнению с нашими данными. Процент эквивалент гидрокарбонатов занимает промежуточное положение между авторскими 25% и 48% С.М. Фотиева (см. табл. 1).

Общая минерализация в наших данных получилась немного меньше, чем в данных С.Л. Дорожуковой [27] и С.М. Фотиева [83]. Возможно, это связано с различием в технологиях выполнения химического анализа. Данных о методах химического анализа снега в работах этих двух авторов отсутствует. Также отсутствует четкое разграничение о типе данных, а именно как далеко расположены точки отбора проб, по которым приводились данные о минерализации и ионному составу. А значит, нельзя точно сказать, что полученные данные являются фоновыми.

Для изучения влияния неравномерного размещения точек опробования по территории полуострова, а также для выявления территориальных различий, мы проанализировали разницу средних значений химических параметров снега в районе п. Бованенково и остальной территорией полуострова. Для этого мы составили таблицу (3.5), в которой указаны средние значения химического состава снега на сравниваемых участках.

Таблица 3.5 – Различия средней концентрации химических элементов в снеге на участке научного стационара и остальной территории полуострова Ямал.

Среднее значение элемента / Участок	н.с. Васькины дачи	Остальные точки	Разница
К, мг/л	0,86	0,49	0,36
Na, мг/л	0,72	1,17	-0,45
Mg, мг/л	0,29	0,29	0,00
Ca, мг/л	0,63	0,3	0,33
Cl, мг/л	2,01	1,55	0,46
SO ₄ , мг/л	1,59	1,35	0,25
HCO ₃ , мг/л	1,23	2,2	-0,97
pH	5,6	5,44	0,17
Минерализация, мг/л	7,32	7,34	-0,02
С, мг/л	3,2	3,88	-0,69

Источник: Составлено автором.

Проанализируем соотношения средних значений в двух подгруппах. Содержание калия, кальция, хлора, сульфатов, в снеговой воде оказалось выше на территории научного стационара «Васькины Дачи». Территория стационара расположена в 30 км к

юго-западу от п. Бованенково, вне границ лицензионного участка. Территория сложена отложениями III морской террасы. Другими словами, морские осадки обогащены морскими солями – сульфатами, хлоридами. Их содержание как раз выше, чем в остальных точках (см. Таблицу 3.5). Калий и кальций также превалирует в районе Бованенково. Интенсивная ветровая деятельность способствует переносу в воздухе мелких частиц почв и, особенно во время установления постоянного снежного покрова, может влиять на ионный состав снега из-за попадания в него этих частиц. Но ответить на вопрос, насколько сильно это влияние, не представляется возможным в рамках этого исследования.

Что касается отрицательных разниц (см. Таблицу 3.5), то снег на территории стационара обеднен натрием и гидрокарбонатом по сравнению с остальными точками. Водородный показатель здесь выше из-за больших концентраций хлоридов и сульфатов.

Для удостоверения, что наши данные являются фоновыми, и в целях получения более точных данных о концентрации главных ионов в снеге, мы выполнили статистическую обработку результатов. При визуальном изучении результатов было замечено значительное выделение концентраций элементов в двух точках №7 и 26. О причинах этих превышений уже было сказано ранее. Для того, чтобы математически доказать что значения этих точек не соответствуют общему тренду и их необходимо исключить, мы провели разделение всех точек на группы методом кластерного анализа. Мы использовали самый простой и наиболее подходящий метод кластерного анализа – метод построения дерева используя Евклидово расстояние. Результаты кластеризации представлены на рисунке 3.13.

Результаты кластерного анализа подтвердили наше предположение об обособленности точек №7 и 26 от общего ряда. На основании этой дендограммы (см. Рисунок 3.13) мы решили исключить точки с номерами №7 и 26. Отметим также, что в таблице 3.2 приведены данные уже по 24 точкам, а не по всем 26 изначальным.

Определив с окончательным набором точек для анализа, мы далее попытаемся обнаружить какие-либо *территориальные закономерности содержания ионов* в снеге Ямала при различном пространственном положении. Для решения этой задачи мы решили использовать метод обработки данных – корреляция. Параметрами корреляции стали данные о расстоянии от западного морского побережья, от ближайшего побережья и широты. Результатом проведенных вычислений стала таблица корреляции (Таблица 3.3). Для анализа полученных результатов использовалась шкала Чеддока для интерпретации результатов корреляционного анализа.

Расстояние от западного побережья использовалось в качестве параметра для отслеживания влияния моря на концентрацию ионов. Ионы химических элементов, в большинстве это натрий и хлор, должны поступать у побережий больше чем в континентальных районах. Если существует обогащение морскими аэрозолями осадков, Таблица 3.3 – Корреляции между пространственным положением и химическими параметрами снега на полуострове Ямал.

Химический параметр	Расстояние от западного побережья	Расстояние от ближайшего побережья	Географическая широта
K	0,30	-0,44	0,07
Na	-0,56	0,32	0,04
Ca	-0,30	0,25	0,16
Mg	0,03	-0,02	0,05
Cl	0,29	-0,25	-0,12
SO ₄	-0,02	0,23	0,25
HCO ₃	-0,50	-0,13	-0,12
Общая минерализация	-0,05	-0,10	0,08
pH	-0,22	0,09	0,04

Источник: Составлено автором

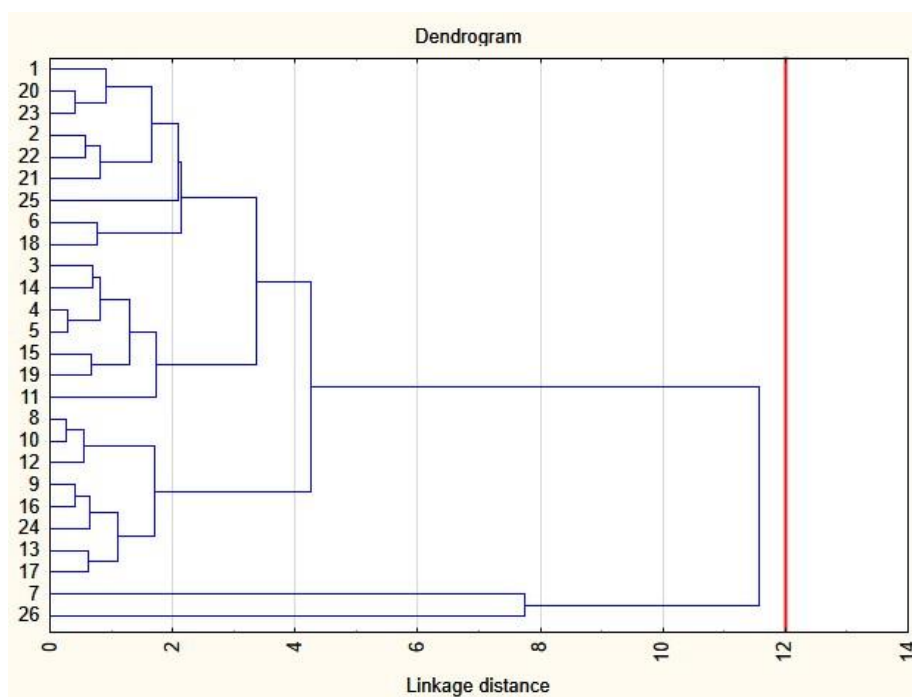


Рисунок 3.13 – Дендограмма кластерного анализа химического состава проб снежного покрова на полуострове Ямал. Ось абсцисс – расстояние объединения, ось ординат – номер точки. Выполнено в Statistica 10.0. (Составлено автором).

то с увеличением расстояния от западного морского побережья будет тенденция к уменьшению значений, т.е. обратная зависимость.

Заметные обратные зависимости были получены для натрия и гидрокарбоната. Если натрий типичный ион морской воды, то вот гидрокарбонат наоборот, считается типичным ионом континентальных вод. Объяснить это значение корреляции на данном этапе не представляется возможным. Предположительно это может быть связано с неравномерным распространением точек по территории полуострова. Как говорилось ранее, около половины точек было отобрано на территории научных стационаров недалеко от п. Бованенково.

Умеренные корреляции характерны для кальция (обратная 30%) и для калия (прямая 30%). Причины такой корреляции по кальцию, возможно, подобны причинам с гидрокарбонат ионом. Что касается калия, то он считается элементом континентальных и вод и его возрастание с удалением от моря вполне закономерно. У остальных параметров корреляции с удаленностью от морского берега не значительны.

Для проверки существующих трендов для элементов характерных именно для континентальных вод, вследствие их повышенного содержания в почвах и породах континентов. Такими элементами являются К, Са, Mg, SO₄, НСО₃. Данные таблицы 3.3 говорят о наличии умеренных корреляций по натрию и калию. Концентрации натрия увеличиваются при удалении от побережья, что противоречит тренду его уменьшения вглубь континентов. Автор считает, что на подобный разброс значений влияет химический состав Обской губы, который богат элементами, приносимыми речными водами. Также искажающее влияние может вносить и ветровая деятельность, которая переносит снег зимой в сторону океана. Ну и конечно фактор неравномерного распределения точек.

Следующий элемент это калий, который имеет отрицательную корреляцию. Также это не входит в тренд увеличения его содержания с увеличением континентальности. Причины, по которым могла получиться такая корреляция, были описаны выше. По остальным параметрам концентрации слабые или отсутствуют.

Географическая широта может оказывать на изменение химического состава атмосферных осадков из-за изменения циркуляции атмосферы в полярных широтах. Это не самый главный фактор, но, тем не менее, мы решили вычислить корреляцию и с ним. Полученные результаты (см. Таблицу 3.3) говорят об отсутствии корреляций между величиной параметров и широтой местности.

Подводя итог можно сказать, что на п-ове Ямал не обнаружено высоких корреляций между пространственным положением точек отбора проб и значением определяемых химических параметров. Полуостров имеет вытянутую меридиональную форму и имеет среднюю ширину 230-250 км. Воздушные массы проходят через

полуостров, не встречая препятствий, и континентальные и морские эффекты не оказывают здесь большого влияния на химический состав снега в зимний период. Также одним из факторов является интенсивная ветровая деятельность. Таким образом, можно сделать вывод, что ведущим природным фактором, влияющим на химический состав снежного покрова на Ямале, является химический состав осадков.

Для выяснения наличия зависимостей концентрации главных ионов в снеге между собой, была построена матрица корреляций методом корреляции Спирмена с уровнем значимости $p < 0,05$ (Таблица 3.4)

Таблица 3.4 – Корреляций содержания главных ионов между собой в снеге п-ова Ямал (методом Спирмена).

	K	Na	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃
K	1,00	-0,32	-0,02	0,64	0,85	0,37	-0,44
Na	-0,32	1,00	-0,17	-0,48	-0,36	0,06	0,39
Ca	-0,02	-0,17	1,00	0,17	0,03	0,23	0,22
Mg	0,64	-0,48	0,17	1,00	0,79	0,66	-0,40
Cl	0,85	-0,36	0,03	0,79	1,00	0,42	-0,51
SO ₄	0,37	0,06	0,23	0,66	0,42	1,00	-0,30
HCO ₃	-0,44	0,39	0,22	-0,40	-0,51	-0,30	1,00

Источник: Составлено автором. Statistica 10.0.

Метод Спирмена применен вследствие ненормальности распределения для большинства рядов значений. Как видно из данных таблицы 3.4, существует 8 значимых корреляций. Самая высокая положительная корреляция наблюдается 85%, обнаружена между хлором и калием. Положительные корреляции обнаружены между магнием и хлором, магнием и сульфатами, магнием и калием, хлором и сульфатами. Обратные корреляции со средним уровнем существуют между калием и гидрокарбонатом, натрием и магнием, хлором и гидрокарбонатом.

Все элементы по значениям корреляции визуально можно разделить на три группы. В первую группу входят элементы K, Mg, Cl, SO₄, с прямыми корреляциями между собой. Во вторую входят Na, HCO₃, с обратными корреляциями с элементами первой группы. И в третью группу входит Ca не имеющий значимых корреляций. Подобная группировка может быть объяснена различным химическим составом воздушных масс. Одни воздушные массы богаты элементами первой группы, вторые вторыми. Указать на точный район прохождения воздушных масс обеих групп не представляется возможным. Элементы традиционно преобладающие в морском аэрозоле находятся в разных группах, и деление на морские и континентальные массы в этом случае не возможно.

Далее необходимо сделать корреляционный анализ по элементному составу, для отслеживания взаимосвязей в распределении химических ионов в снеге. Результат кластерного анализа представлен на рисунке 3.14.

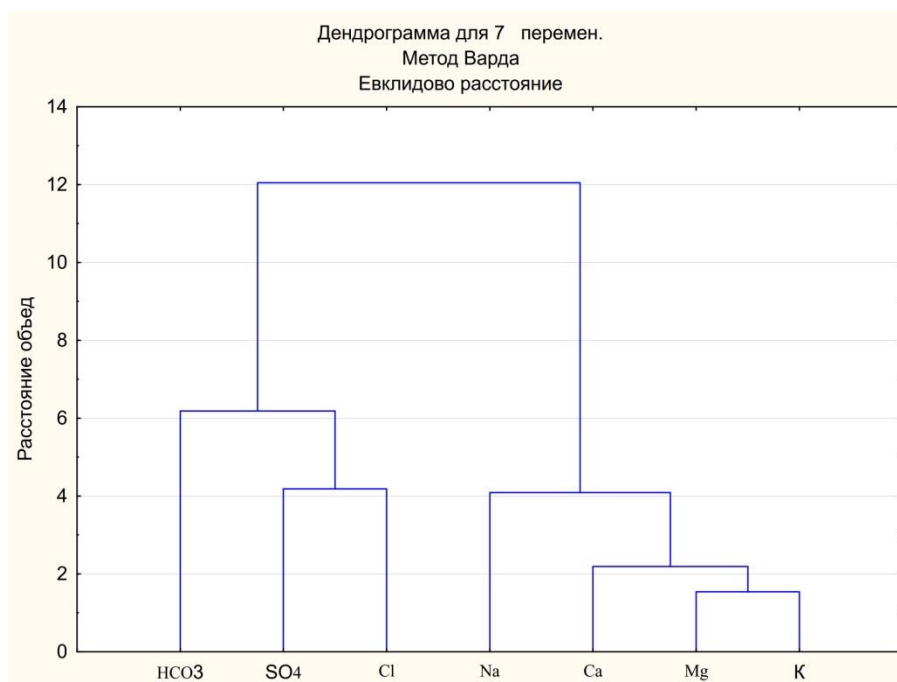


Рисунок 3.14 – Дендрограмма кластерного анализа элементного состава проб снежного покрова на полуострове Ямал. Ось абсцисс – расстояние объединения, ось ординат – Химический элемент. Составлено автором (Statistica 10.0).

Кластерный анализ методов дендограммы объединил элементы по схожести их значений. Все элементы можно разделить на 2 группы – катионы и анионы. Наибольшим подобием отличаются калий и магний, затем и кальций. Среди анионов больше связей существует у сульфатов с хлоридами. При желании, возможно, разбить эти элементы на 5 или 3 кластера для группировки.

Полученные корреляционные зависимости (см. Таблица 3.4) между ионами можно использовать для выполнения факторного анализа. Смысл факторного анализа в оценке корреляций (факторных нагрузок) между исходными данными и факторами, образованными группами связанных корреляцией исходных элементов. С помощью этого метода можно выполнить различные классификации химических элементов. Одним из результатов факторного анализа является таблица факторных нагрузок. Они интерпретируются как корреляции между содержанием ионов и факторами. На рисунке 3.15, представлены результаты факторного анализа в виде значений факторных нагрузок по элементам. Всего было выделено три значимых фактора (см. Рисунок 3.15).

Перемен.	Фактор.нагрузки (Без вращ.) (Таблица) Выделение: Главные компоненты (Отмечены нагрузки >,600000)		
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
К	0,853333	0,076288	-0,315113
Na	-0,566863	-0,409119	-0,642410
Ca	0,145614	-0,687720	0,458854
Mg	0,840005	-0,275661	0,081747
Cl	0,605940	-0,012098	-0,684367
SO4	0,582348	-0,532205	0,066583
HCO3	-0,635585	-0,553733	-0,228397
Общ.дис.	2,886584	1,312155	1,254174
Доля общ	0,412369	0,187451	0,179168

Рисунок 3.15 – Факторные нагрузки главных ионов в снежном покрове (Составлено автором).

Красным цветом выделены значительные корреляции более 60%. Первый фактор влияет на увеличение концентрации К, Mg, Cl и уменьшение HCO₃. Второй фактор влияет на уменьшение Ca. Третий фактор уменьшает содержание Na и Cl, основной источник которых, является океан. Можно предположить, что этим фактором могут быть континентальные воздушные массы. Здесь как и в корреляционном анализе существует связь между катионами К, Mg и Cl. Причины такой связи пока неизвестны.

Далее статистический анализ выполнялся уже по значениям факторов в каждом поле, полученных в результате факторного анализа. Используя эти данные, мы решили провести кластеризацию данных в факторном поле для отслеживания зависимостей и группировки полученных точек по факторам. Результатом кластерного анализа стала дендограмма на рисунке 3.16. Используя метод Варда (Уорда) и мерой близости Евклидово расстояние. Мы решили выделить 4 кластера на расстоянии объединения 2,5 стандартного отклонения.

Анализируя рисунок можно определить для удобства 4 кластера. При визуальном просмотре кластеризации видно, что объединялись точки с различным пространственным положением на полуострове. Этот факт, конечно, затрудняет интерпретацию результатов факторного анализа и выявления этих факторов.

Для подтверждения результатов кластеризации методом древа, мы провели аналогичную кластеризацию методом k-средних. Метод k-средних – это метод кластерного анализа, цель которого является разделение m наблюдений (из пространства R^n) на k кластеров, при этом каждое наблюдение относится к тому кластеру, к центру (центроиду) которого оно ближе всего. Результатом кластеризации стала таблица со значениями дисперсионного анализа, представленная на рисунке 3.17.

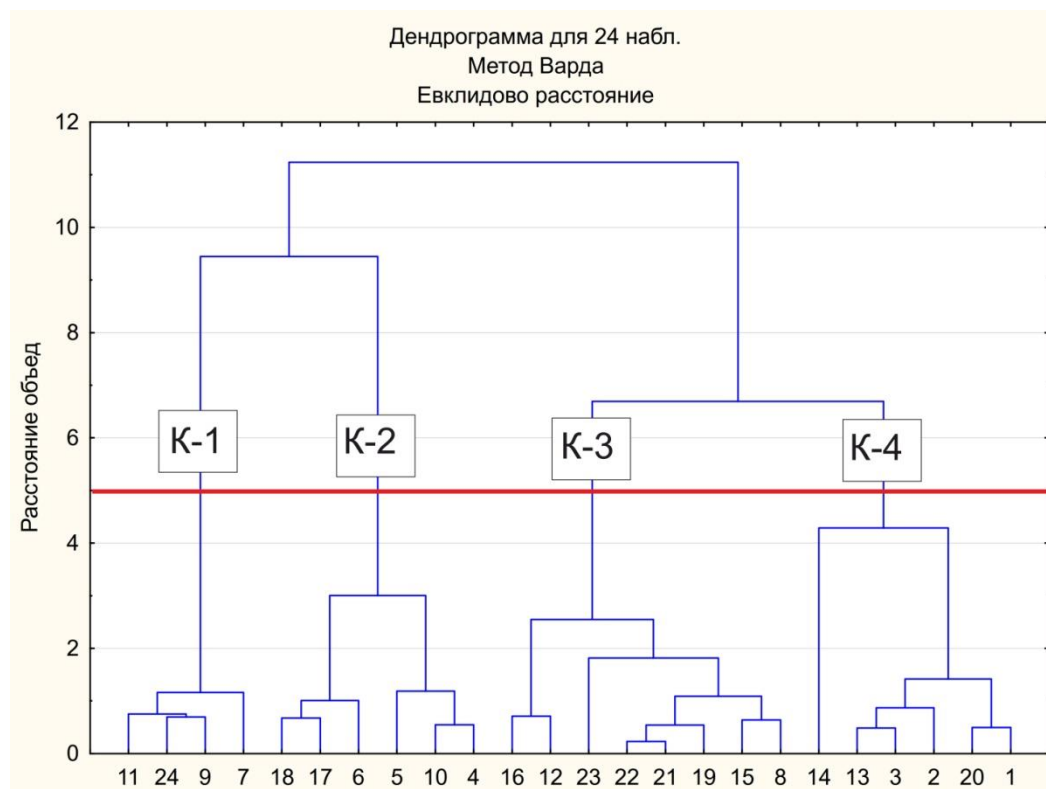


Рисунок 3.16 – Дендрограмма кластеризации точек в факторном поле (Составлено автором).

перемен.	Дисперсионный анализ (Таблица)					
	Между SS	сс	Внутри SS	сс	F	значим. p
Ф1	5,93221	2	17,06779	21	3,64946	0,043623
Ф1	9,19276	2	13,80724	21	6,99083	0,004710
Ф3	18,40038	2	4,59962	21	42,00437	0,000000

Рисунок 3.17 – Результаты кластеризации точек методом k-средних в факторном поле (Составлено автором).

В таблице дисперсионного анализа нас интересует, прежде всего, значения значимости корреляции p . У всех трех факторов значение $p < 0.05$, что говорит о хорошей значимости корреляции данных факторного анализа, и они могут быть успешно применены в дальнейшем. Значение p у первого фактора Ф1 очень близко к границе значимости, по сравнению с остальными двумя Ф2 и Ф3. На рисунке 3.18 представлен график факторных средних.

Линейные графики построены по средним значениям переменных в факторном поле. Координаты точек этих графиков удалены друг от друга, что подтверждает вывод о хорошей кластеризации, методом K-средних.

Для наглядного представления результатов кластерного анализа, мы сделали карту, где точки отбора проб были генерализированы по номеру кластера из дендрограммы кластеризации переменных факторного поля (см. 3.16). Карта с точками представлена в

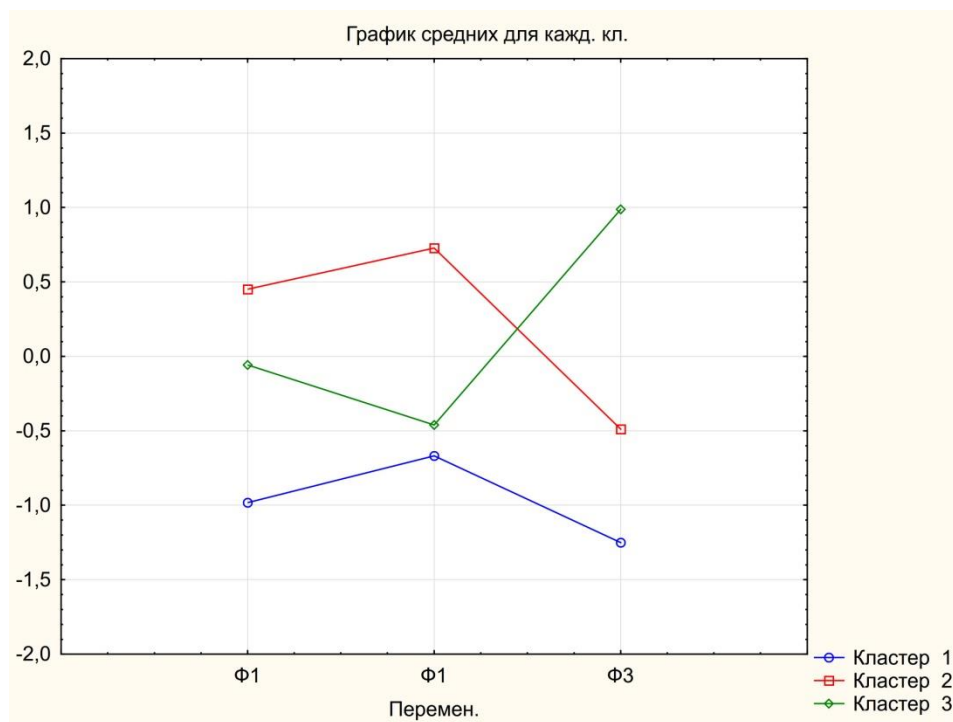


Рисунок 3.18 – График факторных средних для каждого кластера (Составлено автором).

Приложении Е. В целом, визуально, видны, что соседние точки, как правило, относятся к одному кластеру. Охарактеризуем местоположение точек каждого кластера.

Точки, отнесенные к первому кластеру, в большинстве расположены на территории научного стационара «Васькины Дачи», недалеко от п. Бованенково. Какой-либо взаимосвязи в положении точки на местности не обнаружены. Точки второго кластера тяготеют к срединной и северной частям полуострова. Как правило, они дальше расположены от морского западного побережья полуострова. Все точки третьего кластера расположены на территории научного стационара. Это говорит о том, что на этой территории скорее всего действует фактор влияющий на макроэлементный состав снега. Точки последнего 4 кластера расположены в районе Байдарацкой губы (№1-3) и две точки (№14,15) на севере в районе п. Сабетта (см. Приложение Б). Они схожи тем, что находятся не так далеко от моря, правда, различаются побережьями. Возможно, в этих точках больше проявляется влияние моря.

Полученные данные по геохимии снежного покрова оказались ожидаемыми, в плане ультрапресной минерализации и преобладании катионов натрия. Неожиданными оказались более высокие доли магния и кальция, а также сульфатов. Причем никакой корреляции концентрации этих элементов с удалением от океана не наблюдается. Мы предполагаем, что активное влияние на геохимию снежного покрова оказывает ветровая деятельность. В Ямальской тундре зимой его скорость в среднем 5-6 м/с [66]. Распространены метели, особенно осенью и весной. Активное перемещение частиц и

влияет на изменение состава катионов и анионов, в точках расположенных недалеко друг от друга. Циркуляция ветров на Ямале зимой различна по территории полуострова. Ветра дуют с материка на океан. В целом преобладают ветра южных румбов, на западном побережье велика доля ветров восточных румбов, на восточном – ветра западного и юго-западного направления (см. Главу II).

Проведя кластерный анализ и убрав точки не подходящие для целей исследования, необходимо продолжить статистическую обработку результатов. Посмотреть на однородность рядов через коэффициент вариации и выполнить проверку на нормальность распределения. Результатом обработки стала таблица 3.6. Проанализируем результаты каждого параметра.

Медиана – это значение, делящее ранжированный ряд на две равные части. Поскольку в середине ряда находятся пробы с близкими содержаниями, среднее медианное устойчиво и мало зависит от закона распределения элемента в изучаемой совокупности. Указанное свойство медианы особенно важно при проведении геохимического опробования, связанного с отбором проб, взятых в пределах большой площади, когда невозможно для них допустить наличие единого типа распределения [80]. В этом случае использование среднего медианного обеспечивает сопоставимость результатов независимо от закона распределения [81].

Расчет коэффициента вариации необходим для определения однородности ряда. Если его значение меньше 33%, то совокупность однородная. Знание однородности ряда необходимо для дальнейших расчетов статистических параметров, например о величине влияния какого-либо фактора на совокупность. Совокупность данных по Cl, Ca, Общей минерализации и pH однородны. Но остальные показатели не отвечают этому критерию. И дальнейшие вычисления с такими данными невозможны.

Коэффициент осцилляции отражает относительную меру колеблемости крайних значений признака вокруг средней. С его помощью можно оценить надежность средней величины. Не у одного элемента по значению коэффициента осцилляции нет надежной средней. Это ещё раз подтверждает невозможность использования других методов статистического анализа.

Вычисление ошибки среднего необходимо для определения ошибки в полученных значениях арифметического среднего. Окончательный вид фоновых концентраций необходимо представлять с подписью значения ошибки среднего. Она находится по формуле $S = n/\sqrt{SD}$, где n – количество значений, SD – стандартная ошибка.

Ассиметрия относится к параметру распределения значений. При нормальном распределении ассиметрия между двумя сторонами от медианы должно быть

Таблица 3.6 – Статистические показатели данных о химическом составе снега на п-ове Ямал.

Химический параметр	Me	Коэффициент вариации, %	Коэффициент осцилляции, %	Ошибка среднего	Ассиметрия	Ст. ошибка асимметрии	Экссесс	Ст. ошибка эксцесса	Нормальность распределения
К	0,86	32,9	90,8	0,05	-0,387	0,472261	-1,460	0,917777	Не нормальное
Na	0,82	45,8	212,3	0,08	1,549	0,472261	3,527	0,917777	Не нормальное
Ca	0,28	26,4	124,5	0,02	0,175	0,472261	2,095	0,917777	Не нормальное
Mg	0,30	59,2	181,8	0,06	1,208	0,472261	0,070	0,917777	Не нормальное
Cl	2,08	25,5	58,4	0,09	-1,231	0,472261	-0,532	0,917777	Не нормальное
SO ₄	1,63	49,0	175,4	0,15	0,264	0,472261	-1,051	0,917777	Не нормальное
HCO ₃	1,40	53,2	242,8	0,18	1,042	0,472261	1,628	0,917777	Нормальное
Общая минерализация	-	19,8	93,7	0,30	-	-	-	-	-
pH	-	4,6	222	0,05	-	-	-	-	-

Расчеты выполнены в программном комплексе Statistica 10.0. Источник: Составлено автором.

равномерным. Наши значения в основном имеют асимметрию в различные стороны. С помощью эксцесса оценивают крутость изгиба графика распределения. Все параметры, кроме магния имеют не нормальное изменение наклона. Нормальность распределения была оценена с помощью коэффициентов Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилкса. Все распределения кроме HCO_3 , получились не нормальными, и использовать их в дальнейшем не представляет смысла. Это подтверждает диаграмма «ящик с усами» построенная по данным о концентрациях основных ионов на рисунке 3.14. Также хочется отметить, что для хорошей интерпретации данных необходимо брать несколько проб в одной точке, для применения большего числа статистических методов анализа.

После вычисления среднего арифметического и средней ошибки, данные о содержании главных ионов в снежном покрове полуострова Ямал, имеют вид, представленный в Приложении В, в строке “Итоговые фоновые значения”. Получив свои фоновые значения макроэлементов в снежном покрове, логичным продолжением исследования является сравнения фоновых значений со значениями с территориями, испытывающими техногенное влияние, в нашем случае – месторождений углеводородного сырья.

Для удобства работы с данными мы составили таблицу 3.7 содержания основных ионов в фоновых территориях по нашим данным и по содержанию с территорий месторождений других авторов и по фоновым содержаниям, полученным в ходе программы экологического мониторинга ЯНАО [77].

Данные с Бованенковского месторождения за 1995 и 1996 года, представлены в коллективной монографии О.М. Ермилова, Г.И. Гривы, В.И. Московина [30]. В эти года происходило активное освоение месторождения, строилась инфраструктура, шла подготовка к масштабной добыче сырья. Анализируя данные, сразу замечаются различия в концентрациях элементов между сезонами. Особенно ярко они видны на анионах. Ермилов считает, что эти различия связаны с различиями в химическом составе осадков между годами [30]. Ответить на этот вопрос однозначно невозможно. Помимо меняющихся условий химизма осадков, меняются и локальные источники поступления химических элементов, и глобальные в виде промышленных предприятий Западной Европы или Норильского ГМК. Весомых различий между нашими фоновыми значениями и данными О.М. Ермилова не обнаружено, за исключением показателя кислотности, который немного выше на территории месторождения.

Далее следуют данные экологического мониторинга 1994-2005 гг. на нескольких месторождениях [26]. К сожалению, объем данных о концентрации главных ионов не велик. Как видно из данных таблицы 3.7, на Харасовэйском месторождений

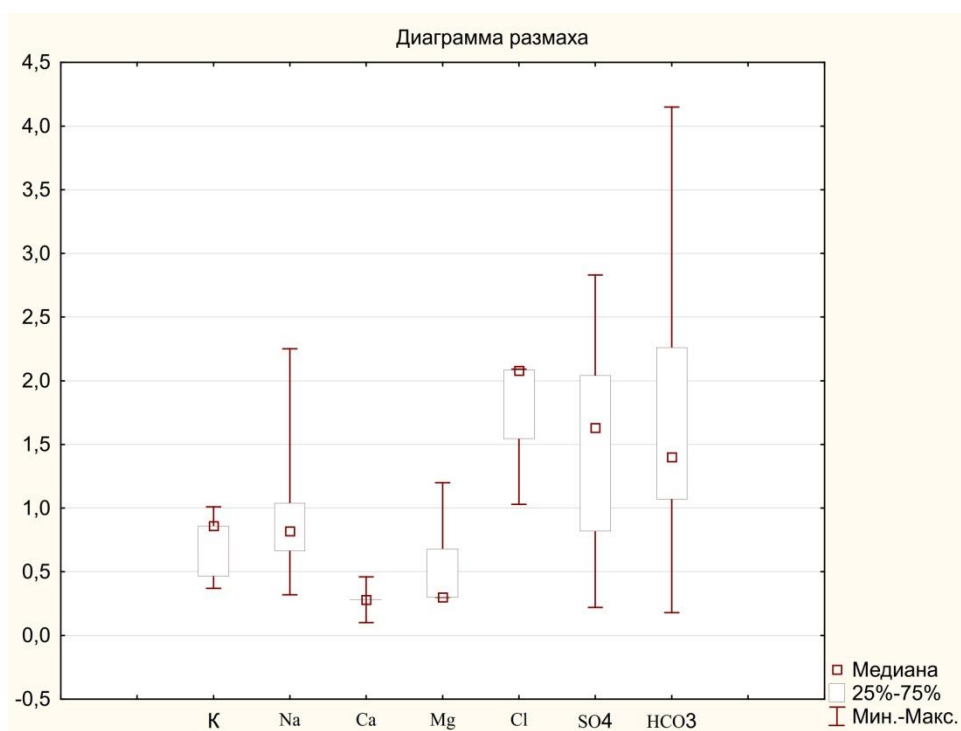


Рисунок 3.14 – Диаграмма размаха вариаций значений главных ионов в снеге п-ова Ямал (Составлено автором). Statistica 10.0.

наблюдаются небольшие превышения по кальцию и ионам хлора и гидрокарбонатам, по сравнению с нашими данными. На Бованенковском месторождении данные вполне согласуются с нашими. С Новопортовского месторождения есть только кислотность и она значительно ниже (4,81) с нашими данными (5,5). Возможно, это связано с расположением вблизи Обской губы и меньшим поступлением анионов с осадками.

В рамках программы экологического мониторинга ЯНАО, для выявления фоновых значений содержания химических элементов в снеге, донных осадках и природных водах, были выбраны полигоны мониторинга по округу. На территории п-ова Ямал разместились три полигона. Первый полигон (№1) расположился недалеко от п. Бованенково к юго-западу, недалеко от ж/д Обская-Карская. Второй полигон (№8) расположен в 50 км на северо-запад от Тамбейского месторождения. Третий (№9) расположен к северо-западу от Яр-Сале. Из макрокомпонентов определялись только сульфаты и хлориды. Концентрация хлоридов на первом полигоне отмечена 6 мг/л, что значительно превосходит наши данные. Следует отметить, что местоположение точки отбора пробы снега, отмеченное на ГИС платформе Экологического паспорта ЯНАО, было очень близко к железной дороге. Возможно, это могло быть причиной такого подъема хлоридов. На остальных полигонах значения схожи с нашими данными.

Подводя итоги анализа данных с территорий подверженных антропогенному влиянию, следует отметить, что основные ионы не являются важнейшими показателями

Таблица 3.7 – Концентрации основных ионов в снеге п-ова Ямал.

Источник	Год	n	Na	Ca	Mg	K	Cl	HCO ₃	SO ₄	Общая минерализация	pH
Единицы измерения	-		мг/л								
Фон автора	2017	24	0,91± 0,08	0,50± 0,06	0,29± 0,02	0,70± 0,05	1,82± 0,09	1,64± 0,18	1,49± 0,15	7,33±0,30	5,53±0,05
Ермилов О.М. (Бованенковское мр-е.)	1995	13	-	0,80± 1,94	-	-	1,49± 0,22	3,62± 0,36	1,93± 0,27	-	5,61±0,10
	1996	13	-	0,53± 0,03	0,59± 0,08	-	2,07± 0,22	0,92± 0,12	0,60± 0,07	-	5,97±0,04
Грива Г.И. (Харасавэйское мр-е)	1994- 2005	-	-	1,12	-	-	2,78	2,56	0,78	-	5,04
(Бованенковское мр-е)	1994- 2005	-	-	-	-	-	1,10	1,51	0,52	-	5,10
(Новопортовское мр-е)	1994- 2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,81
Экологический мониторинг ЯНАО. Полигон №1	2013	1	-	-	-	-	6,247	-	2,02	-	-
Полигон №8	2013	1	-	-	-	-	1,81	-	0,66	-	-
Полигон №9	2013	1	-	-	-	-	1,21	-	<0,5	-	-

Источник: (Составлено автором).

наличия загрязнения от промышленных выбросов. Для целей экологического мониторинга целесообразнее определять содержание взвешенных частиц, нефтепродуктов, тяжелых металлов и соединений азота. Такие исследования сейчас уже проводятся на территории ЯНАО. Ценность же данной работы в получении дополнительных данных, в том числе и с территорий, где ранее снежный покров не отбирался.

Выводы к главе:

- Для анализа снежного покрова фоновых территорий полуострова Ямал, были отобраны 26 проб, вдали от прямого воздействия техногенных выбросов.

- Снежный покров на фоновых территориях полуострова Ямал хлоридно-натриевый. Минерализация ультрапресная в среднем 7,33 мг/л. Соотношение главных ионов между собой в наших данных схоже с результатами исследования Ямальского снега прошлых лет.

- По результатам кластерного анализа были исключены из выборки две точки (№7,26). Значения из этих точек не использовались в дальнейших расчетах.

- Корреляции между химическими характеристиками снега и географическим положением на полуострове в целом слабые. Найдены значительные корреляции основных ионов между собой.

- Произведено сравнение данных с района н.с. «Васькины Дачи» и остальной территорией полуострова. На территории научного стационара повышено содержание калия, кальция хлора и сульфатов. Понижено содержание натрия и гидрокарбонатов, а также растворимой формы углерода.

- Произведена статистическая обработка результатов методами кластерного и факторного анализа. Было выявлено три значимых фактора. Результатами кластеризации стала картосхема с расположением точек сгруппированных в четыре кластера.

- При сравнении наших значений основных ионов в снеге Ямала с данными прошлых лет с территорий испытывающих антропогенное влияние (месторождений углеводородов), были отмечены несущественные различия. Химический состав снежного покрова варьирует от года к году.

- В результате исследования получены данные о содержании главных ионов в снежном покрове фоновых территорий полуострова Ямал. Данные могут быть использованы для различных направлений научных исследований и в целях экологического мониторинга.

Заключение

Цель, поставленная во введении, достигнута. Получены данные о химическом составе снега фоновых территорий п-ова Ямал. Основными результатами исследования стали следующие выводы:

- Снежный покров необходимо использовать как объект экологического мониторинга атмосферного воздуха полуострова Ямал.
- Ведущими факторами формирования химического состава снежного покрова полуострова Ямал являются: химический состав осадков и изменяющийся в разные зимы.
- Получены современные данные о движениях воздушных масс с осадками к п-ову Ямал за зиму 2016/17 гг. Проанализированы данные о ветровой деятельности на территории полуострова по двум метеостанциям за тот же временной отрезок.
- Получены фоновые концентрации главных ионов в снежном покрове п-ова Ямал. Химический состав снежного покрова фоновых территорий полуострова Ямал по данным концентрации главных ионов хлоридно-натриевый. Выполнен статистический анализ полученных данных методом кластерного и факторного анализов. Сделана карта-схема кластеризованных точек на местности.

Полученные данные могут быть использованы для проведения мониторинга состояния атмосферного воздуха на полуострове Ямал. Также эти данные могут быть использованы в различных геохимических исследованиях на полуострове. Достоверность результатов подтверждается значительным объемом фактического материала, полученного современными методиками в сертифицированных аналитических лабораториях, а также корректной статистической обработкой геохимических данных, учитывающих метрологические особенности использованных аналитических методик и природную дисперсию концентраций химических элементов.

Достоинствами данного исследования является получение современных данных о химическом составе снежного покрова, которые должны быть использованы для экологического мониторинга на территории ЯНАО, который ведется там с 2009 г. Недостатками является неравномерный охват площади полуострова, что может дать несколько искаженные значения, что затрудняет их использования в различных частях полуострова, например в отдаленных северных территориях.

Хочется отметить, что для получения более точных данных необходимо проводить ежегодные исследования снежного покрова на территории Ямала как фоновых, так и антропогенных территорий.

Список использованных источников и литературы

Источники

1. Постановление Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа №663-П от 14.07.2016. «О внесении изменений в Положение о территориальной системе наблюдения за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории Ямало-Ненецкого автономного округа».
2. Постановление Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа №56-П от 14.02.2013. «О территориальной системе наблюдения за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории Ямало-Ненецкого автономного округа».
3. Постановление Правительства Ханты-Мансийского автономного округа №485-П от 23.12.2011. «О системе наблюдения за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории Ханты-Мансийского Автономного Округа - Югры и признании утратившими силу некоторых постановлений правительства Ханты-Мансийского Автономного Округа – Югры».
4. РД 52.04.186-89. «Руководство по контролю загрязнения атмосферы». – М., 1991. – 556 с.
5. Hysplit – The Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model [Электронный ресурс]: The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2017. URL: <https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>
6. Архив погоды в п.с. Марресале // Расписание погоды rp5.ru – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Марресале.
7. Архив погоды в п. Сеяха // Расписание погоды rp5.ru – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Сеяхе

Литература

8. Алекин О.А. 1970. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат. 444 с.
9. Алекин О.А., Воронков П.П. Развитие гидрохимии за последние десятилетия и роль Государственного гидрологического института // Вопросы гидрохимии. Тр. НИУ ГУГМС. 1946. Сер. 4. Вып. 32. С. 5-24.
10. Аэрозоли Сибири / Отв. ред. К.П. Куценогий. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. 548 с.

11. Аэрозоли в природных планшетах Сибири / А.П. Бояркина, В.В. Байковский, Н.В. Васильев [и др.]. – Томск: Изд-во ТГУ, 1993. – 157 с.
12. Боев В. А., Лежнина А. А. Тяжелые металлы в снежном покрове Тюменского района Тюменской области // Вестник Тюменского государственного университета. - 2012. - № 7. - С. 41-48.
13. Беликова, Т. В. Характеристика фонового загрязнения сульфатами снежного покрова на территории СССР / Т. В. Беликова, В. Н. Василенко, И. М. Назаров. и др. // Метеорология и гидрология. – 1984. – № 9. – С. 47-55.
14. Белозерцева, И. А. Техногенное воздействие на снежный покров Верхнего Приангарья / И. А. Белозерцева // География и природные ресурсы. – 1999. – № 2. – С. 46-51.
15. Брызгин Н. Н. Солнечное сияние // Атлас Арктики. М., 1985. С. 69.
16. Бурксер Е.С. Федорова И.Е., Зайдис Б.Б. «Атмосферные осадки и их роль в миграции химических элементов через атмосферу». – Тр. Киевской геофизической обсерватории. Вып. 1, 1952, с. 62-65.
17. Василевич М. И. Формирование химического состава снежного покрова в таежной зоне Европейского северо-востока России: Дис. ... канд. биол. наук. М.: Ин-т биол. УО РАН, 2009. 160 с.
18. Василевич М.И., Семакин Л.В. «Особенности формирования химического состава снежного покрова на территории Печоро-Ильчского биосферного заповедника» // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология – 2017, № 5, с. 48–56.
19. Василенко В.Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова / В.Н. Василенко, И.М. Назаров, Ш.Д. Фридман. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 185 с.
20. Вашков, В. И. Определение загрязнения местности промышленными отходами по исследованию снежного покрова / В. И. Вашков, П. А. Постников, В. И. Симонов // Гигиена и санитария. – 1936. – № 9. – С.18-27.
21. Влодавец, В. И. Заметки о навеванном минеральном осадке на льдах / В. И. Влодавец // Тр. Аркт. ин-та. – Т. 33. – Л., 1936. – С. 24-32.
22. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. С. 42.
23. Глазовский, Н. Ф. Химический состав снежного покрова некоторых районов Верхне-окского бассейна / Н. Ф. Глазовский, А. И. Злобина, В. П. Учватов // Региональный экологический мониторинг. (На примере Верхнеокского бассейна). – М.: Наука, 1983. – С. 67-86.

24. Грей Д.М., Мэйл, Д.Х. (ред.) Снег: справочник - Л.: Гидрометеиздат, 1986, 751 с.
25. Голобокова Л.П., Ходжер Т.В., Шибаяев Ю.А., Липенков В.Я., Пети Ж. Изменение химического состава приповерхностного снега в восточной антарктиде по мере удаления от побережья. Лёд и Снег. 2012;52(4):129-137. DOI:10.15356/2076-6734-2012-4-129-137.
26. Грива Г.И. Геоэкологические условия разработки газовых месторождений Ямала. Томск. Изд-во ТГУ, 2005, 330 с.
27. Дорожукова С. Л. Эколого-геохимические особенности нефтегазодобывающих районов Тюменской области : Дис. ... канд. геол.-минерал. наук : 25.00.36 : Москва, 2004 229 с. РГБ ОД, 61:05-4/15
28. Дорожукова С. Л. Опыт исследования загрязнения атмосферного воздуха по содержанию загрязняющих веществ в снежном покрове и почвах (на примере компрессорной станции «Вынгапуровская») // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Вып. 3. - Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2002, с.167-173
29. Елпатьевский, П. В. Химический состав снеговых вод и его изменение техногенными факторами / П. В. Елпатьевский // Геохимия зоны гипергенеза и техническая деятельность человека. – Владивосток, 1976. – С.45-63.
30. Ермилов О.М. Воздействие объектов газовой промышленности на северные экосистемы и экологическая стабильность геотехнических комплексов в криолитозоне / О.М. Ермилов, Г.И. Грива, В.И. Москвин. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 147 с.
31. Ермолов Ю.В., Махатков И.Д., Худяев С.А. Фоновые концентрации химических элементов в снежном покрове центрального сектора Западной Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27. № 9. С. 790–800
32. Заморский А. Д., Руднева А. В. Число дней с гололедом. Год // Климатический атлас СССР. М., 1962. Т. 2. С. 161.
33. Зверев В.П., Рубейкин В.З. «Роль атмосферных осадков в круговороте химических элементов между атмосферой, литосферой и гидросферой». – Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. №12, 1973, с.54-60.
34. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. М.: Гидрометеиздат, 1984.- 560 с.
35. Имшенецкий В.В., Орлов Ю.Н. - «Технология СПГ – перспективный вариант освоения ресурсов газа п-ва Ямал». – Москва, 2005.
36. Калинин В. М. – «Мониторинг природных сред»: Учебное пособие. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2007. 208 с.

37. Казанцев В.А. О зональности минерализации и химического состава атмосферных осадков в Западной Сибири и некоторые вопросы солоненоса // Особенности мелиорации земель Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1979. С. 113—116.
38. Коврова А. М. Давление воздуха на уровне моря//Атлас Арктики. М., 1985.
39. Колотов, Б. А. К вопросу о вторичном рассеянии рудных месторождений / Б. А. Колотов, Е. А. Киселева, В. З. Рубейкин // Геохимия. – 1965. – № 7. – С. 878-880.
40. Корзун А.В. «Геохимический анализ надземных и подземных льдов Арктики». // Москва – 1989 г. – 194 с.
41. Котляков, В.М. Снежный покров Земли и ледники / В.М. Котляков. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 479 с.
42. Котляков В.М. Гляциологический словарь. Л., ГИМИЗ, 1984, 527 с.
43. Котляков, В. М. В мире снега и льда / В. М. Котляков. – М.: Наука, 2002. – 384 с.
44. Котова Е.И., Шевченко В.П. Влияние дальнего атмосферного переноса на формирование ионного состава атмосферных осадков и снежного покрова прибрежной зоны западного сектора российской Арктики // Фундаментальные исследования. – 2014. - № 12 (Ч. 11). - С. 2310-2314.
45. Криосфера нефтегазоконденсатных месторождений полуострова Ямал: Т. 1: Криосфера Харасавейского газоконденсатного месторождения / Под общ. ред. Ю. К. Васильчука, Г. В. Крылова, Е. Е. Подборного. – Тюмень: ООО «ТюменьНИИгазпрогаз»; СПб.: Недра. С.- Петерб. отд-ние, 2006. – 347 с.
46. Криосфера нефтегазоконденсатных месторождений полуострова Ямал: в 3 томах. Т.2. Криосфера Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения / Под общ.ред. Ю.Б.Баду, Н.А.Гафарова, Е.Е.Подборного. — Т. 2. — ООО Газпром Экспо, Москва, 2013. — С. 391–411.
47. Лобкина В.А., Казакова Е.Н. «Миграция химических элементов из морской воды и их последующая аккумуляция в снежном покрове (юг острова Сахалин)» // Вестник ДВО РАН. 2011. № 6. С. 64–71.
48. Локощенко, М. А. Снежный покров и его современные изменения в Москве / М. А. Локощенко // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 6. – С. 71-82.
49. Лычагин М.Ю. «Минерализация и химический состав атмосферных осадков в Арктическом секторе Евразии». // Вестник МГУ, сер. географ., №5, 1981, с.80-81.
50. Макаров В. Н. Геохимический мониторинг атмосферных осадков в Центральной Якутии / В. Н. Макаров // Якутск: Изд-во Ин-та мерзлотоведения СО РАН, 2007. – 88 с.

51. Макаров В.Н. Геохимия снежного покрова таёжных и горных мерзлотных ландшафтов Якутии. Лёд и Снег. 2014;54(1):73-80. DOI:10.15356/2076-6734-2014-1-73-80.
52. Матвеев А.А., Башмакова О.М. «Химический состав атмосферных осадков некоторых районов СССР» // Гидрохимические материалы. Л., т.45, 1967, с.3-17.
53. Московченко Д.В. Экогеохимия нефтегазодобывающих районов Западной Сибири / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т проблем освоения Севера. - Новосибирск: Гео, 2013. - 259 с.
54. Московченко Д.В., Бабушкин А.Г. / Особенности формирования химического состава снеговых вод на территории Ханты-Мансийского автономного округа // Криосфера Земли. – 2012. – № 1. – С. 71-81.
55. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 111 с.
56. Назаров И.М., Фридман Ш.Д., Ренне О.С. Использование сетевых снегосъемок для изучения загрязнения снежного покрова // Метеорология и гидрология. – 1978. – № 7. – С. 74–78.
57. Негроров, О. П. Снежный покров как индикатор состояния атмосферного воздуха в системе социально-гигиенического мониторинга / О. П. Негроров, И. К. Астанин, В.С. Стародубцев, Н. Н. Астанина // Вестн. Воронежского гос. ун-та. Серия: Химия. Биология. Фармация, 2005. – № 2. – С. 149-153.
58. Нечаева, Е. Г. Снежный покров как объект регионального мониторинга среды обитания / Е. Г. Нечаева, С. А. Макаров // География и природные ресурсы, 1996. – № 2.– С. 43-48.
59. Никаноров А.М. Гидрохимия: Учебник. – изд. 3-е дополненное. – Ростов/Дон: «НОК», –2008. 461 с.
60. Овчиников А.М. Гидрогеохимия. М., Недра, 1970
61. Онучин А.А. «Загрязнение снежного покрова в зоне воздействия предприятий Норильского промышленного района»./ А. А. Онучин, Т. А. Буренина, О. Н. Зубарева, О. В. Трефилова, И. В. Данилова – Сибирский экологический журнал . – 2014., №6. – с. 1025 – 1037.
62. Орлова, В. В. Климат СССР. Вып. 4. Западная Сибирь / В. В. Орлова. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 356 с.
63. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М.: Росгидромет, 2008. – 91 с.

64. Павлов, В. Е. Снежный покров как индикатор загрязнения урбанизированной территории Алтайского края / В. Е. Павлов, И. А. Суторихин, И. В. Хвостов, Г. С. Зинченко // Оптика атмосферы и океана, 2009. – Т. 22. – № 1. – С. 96-100.
65. Павлов, В. Е. Исследование аэрозольных выпадений полиароматических углеводородов в сфере влияния г. Барнаула / В. Е. Павлов, С. В. Морозов, В. Ф. Рапута и др. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2011. – № 3. – С. 287-294.
66. Природа Ямала / отв. ред. Л. Н. Добринский. – Екатеринбург: УИФ «Наука», 1995. – 435 с.
67. Природная среда Ямала. Тюмень: ИПОС СО РАН, 1995. Т. 2. 102 с.
68. Пшеничников, Б.Ф., Пшеничникова, Н.Ф.. Ландшафтоведение: учебное пособие. – Владивосток : Изд-во ВГУЭС, 2012. – 244 с. 2012
69. Рапута, В.Ф. Сравнительная оценка состояния длительного загрязнения атмосферы и снежного покрова г. Новосибирска на сети стационарных постов гидрометеослужбы / В. Ф. Рапута, В. В. Коковкин, А. Ю. Девятова // Оптика атмосферы и океана. – 2010. – Т. 23. – № 6. – С. 499-504.
70. Рапута В.Ф., Смоляков Б.С., Куценогий К.П. Оценка содержания сульфатов и нитратов в снегу окрестностей нефтегазового факела // Сиб. экол. журн., 2000б, № 1, с. 103–107.
71. Руднева А. В. Максимальный диаметр отложения гололеда на проводах// Климатический атлас СССР. М., 1962. Т. 2. С. 162.
72. Салтыков А.В, Пузанов А.В., Егорова И.А., “Ионный состав снежного покрова Алтая” // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии : труды Всерос. науч. конф. с междунар. участием (20–24 августа 2012 г., г. Барнаул). Барнаул, 2012. Т. 3. С. 116 – 119.
73. Сампсонов Р.О., Илатовский Ю.В., Пыстина Н.Б., Баранов А.В. Климат п-ва Ямал и последствия его изменения, осложняющие добычу и транспорт углеводородов // Газовая промышленность. – 2010. - №642. – С.82-84.
74. Семенов, М. Ю. Кислотные выпадения на территории Сибири: расчет и картирование допустимых нагрузок / М. Ю. Семенов. – Новосибирск: Наука, 2002. – 143 с.
75. Скрипальщиков, Л. Н. Зонирование техногенных воздействий по ореолам загрязнения снежного покрова / Л. Н. Скрипальщиков, В. И. Харук, А. П. Яхимович // Сибирский экологич. журн. – 2002. – № 1. – С. 95-100.

76. Соромотин А. В. Воздействие добычи нефти на таежные экосистемы Западной Сибири: монография / Российская Федерация М-во образования и науки, ГОУ ВПО Тюменский гос. ун-т. - Тюмень : Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2010. – 319 с.
77. Справочник по применению средних региональных значений содержания контролируемых компонентов на мониторинговых полигонах при оценке состояния и уровня загрязнения окружающей среды на территории Ямало-Ненецкого Автономного Округа: – Братск, 2014 – 19 с.
78. Суковатов К. Ю., Безуглова Н. Н. «Пространственно-временная изменчивость осадков холодного сезона на полуострове Ямал и их связь с индексами атмосферной циркуляции» // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. Салехард, 2016. Вып. 2(91). С. 37–43.
79. Суркова Г.В. Химия атмосферы: Учеб. пособие. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. 209 с.
80. Тентюков М. П. Экогеохимия районов промышленного освоения Большеземельской тундры и Ямала : диссертация на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук : спец. 25.00.36 / М. П. Тентюков ; Сыктывкарский государственный университет (СыктГУ) ; Институт биологии Коми НЦ УрО РАН ; науч. конс. Я. Э. Юдович. — Томск, 2016.
81. Ткачев, Ю. А. Статистическая обработка геохимических данных / Ю. А. Ткачев, Я. Э. Юдович. – М.: Наука, 1975. – 233 с.
82. Шаповалова Е.Н., Пирогов А.В. Хроматографические методы анализа: метод. пособие для спец. курса. - М.: Изд-во МГУ, 2007. - 204 с.
83. Фотиев С. М. Закономерности формирования ионно-солевого состава природных вод Ямала // Криосфера Земли. - 1999. - Т. II. - № 2. - С. 40 - 66.
84. Экологический мониторинг природных сред [Текст] : учебное пособие / В. М. Калинин, Н. Е. Рязанова. - Москва : ИНФРА-М, 2015. – 201 с.
85. Язиков, Е. Г. Минеральный состав пылеаэрозольных выпадений снегового покрова Томской агропромышленной агломерации / Е. Г. Язиков, Р. В. Голева, Л. П. Рихванов // Записки ВМО. – 2004. – № 5. – 69-78 с.
86. Ямало-Гыданская область: (Физ.-геогр. характеристика) / [И.М. Аверина, Л.С. Говоруха, А.О. Шпайхер и др.] ; Под ред. канд. геогр. наук Р.К. Сиско ; Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Аркт. и антаркт. науч.-исслед. ин-т. - Ленинград : Гидрометеоздат, 1977. - 309 с. : ил., карт.; 22 см.

Литература на иностранных языках

87. AMAP Assessment 2009: Human Health in the Arctic. Oslo, Norway. 2009, xvi+254 p.
88. Kassik, M. Elemental and base anions deposition in the snow cover of north-eastern Estonia / M.Kassik // *Water, Air and Soil Pollution*. – 2000. – V. 121. – P. 349-366.
89. Meyera, T. Organic contaminant amplification during snowmelt / T. Meyera, F.Waniaa // *Water Research*, 2008. – V. 42, – N. 8-9. – P. 1847-1865.
90. Rempillo, O. Dimethyl sulfide air-sea fluxes and biogenic sulfur as a source of new aerosols in the Arctic fall [Электронный ресурс] / O. Rempillo, A. M. Seguin, A-L. Norman, et al. // *J. Geophys. Res.* – 2011. – V 116. - P. 471-475. D00S04, doi:10.1029/2011JD016336.
91. Shao-Menga, L. Geochemistry of organic and inorganic ions of late winter arctic aerosols [Электронный ресурс] / L. Shao-Menga, J.W. Winchesterb // *Atmospheric Environment*. – 1967. – V. 23, Issue 11, – 1989. – P. 2401-2415 Arctic Air Chemistry doi:10.1016/0004- 6981(89)90252-7.
92. The Arctic as a messenger for global processes – climate and pollution / Abstract Conference Copenhagen. May 3-6, 2011. Copenhagen: Aarhus Universty, 2011. 175 p.
93. Wallace J. M., Gutzler D. S. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern hemisphere winter // *Winter. Monthly Weather Review*. 1981. № 109. P. 784–812.
94. Walker T. R. Anthropogenic metal enrichment of snow and soil in north-eastern European Russia / T. R. Walker, S.D. Young, P.D. Crittenden, H.Z hang // *Environ. Pollution*. – 2003. – V. 121. – P. 11-21.
95. Walcen C.J. et al. SO₂ sulfate and HNO₃ deposition velocities computed using regional landuse and meteorological data // *Atmosferic Environment*. 1986. Vol. 20, №5. P. 946-964.
96. Waniaa F. The effects of snow and ice on the environmental behaviour of hydrophobic organic chemicals / F. Waniaa, J. T. Hoffb, C. Q. Jiac, D. Mackayd // *Environmental Pollution*. – 1998. – V 102, – N. 1, – P. 25-41.
97. Yunker, M. B. Petroleum biomarker sources in suspended particulate matter and sediments from the Fraser River Basin and Strait of Georgia, Canada / M. B. Yunker, R. W. Macdonald // *Organic Geochemistry*. – 2003. – V. 34. – P. 1525-1541.

Приложение А

Расшифровка аббревиатур:

ВГВ – Воронка газового выброса.

ВД – «Васькины Дачи» (Научный стационар ИКЗ СО РАН).

ГКМ – Газоконденсатное месторождение.

ГМК – Горно-металлургический комбинат.

ГМС – Гидрометеорологический пост.

ГСН – Государственная сеть наблюдений.

КС – Компрессорная станция.

м.с. – Метеостанция.

НГКМ – Нефтегазоконденсатное месторождение.

НУВ – Нефтяные углеводороды.

п.с. – Полярная станция.

ПДК – Предельно-допустимая концентрация.

ПТК – Природно-территориальный комплекс.

СП – Снежный покров.

ТМ – Тяжелые металлы.

УКПГ – Установка комплексной подготовки газа.

ХМАО – Ханты-Мансийский автономный округ.

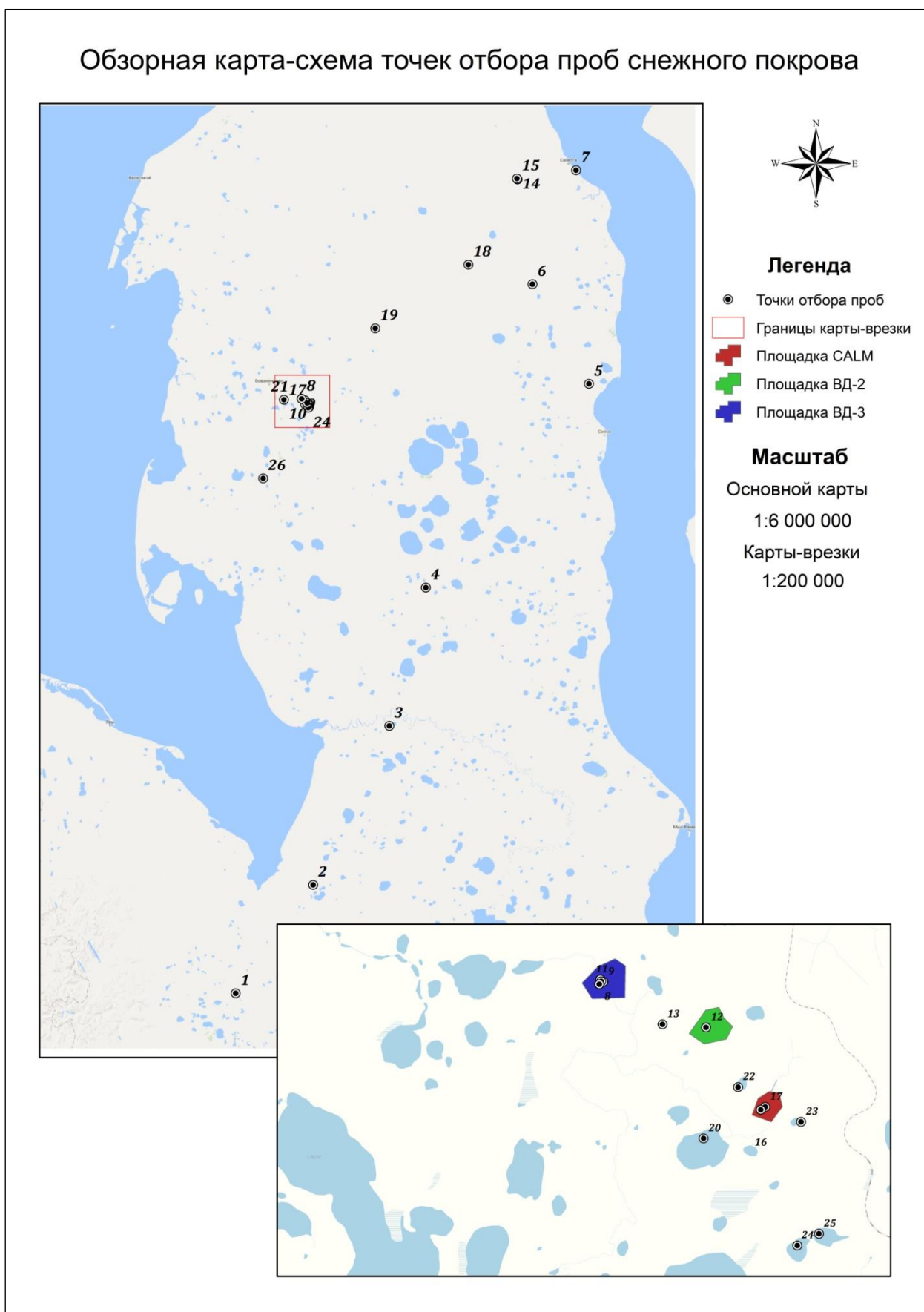
ЯНАО – Ямало-Ненецкий автономный округ.

CALM – Circumpolar Active Layer Monitoring Network.

WGS – World Geodetic System.

Приложение Б

Рисунок Б.1 – Картограмма точек отбора проб снежного покрова (Составлено автором).



Приложение В

Таблица В.1 – Концентрация главных ионов в снежном покрове п-ова Ямал и их статистическая обработка.

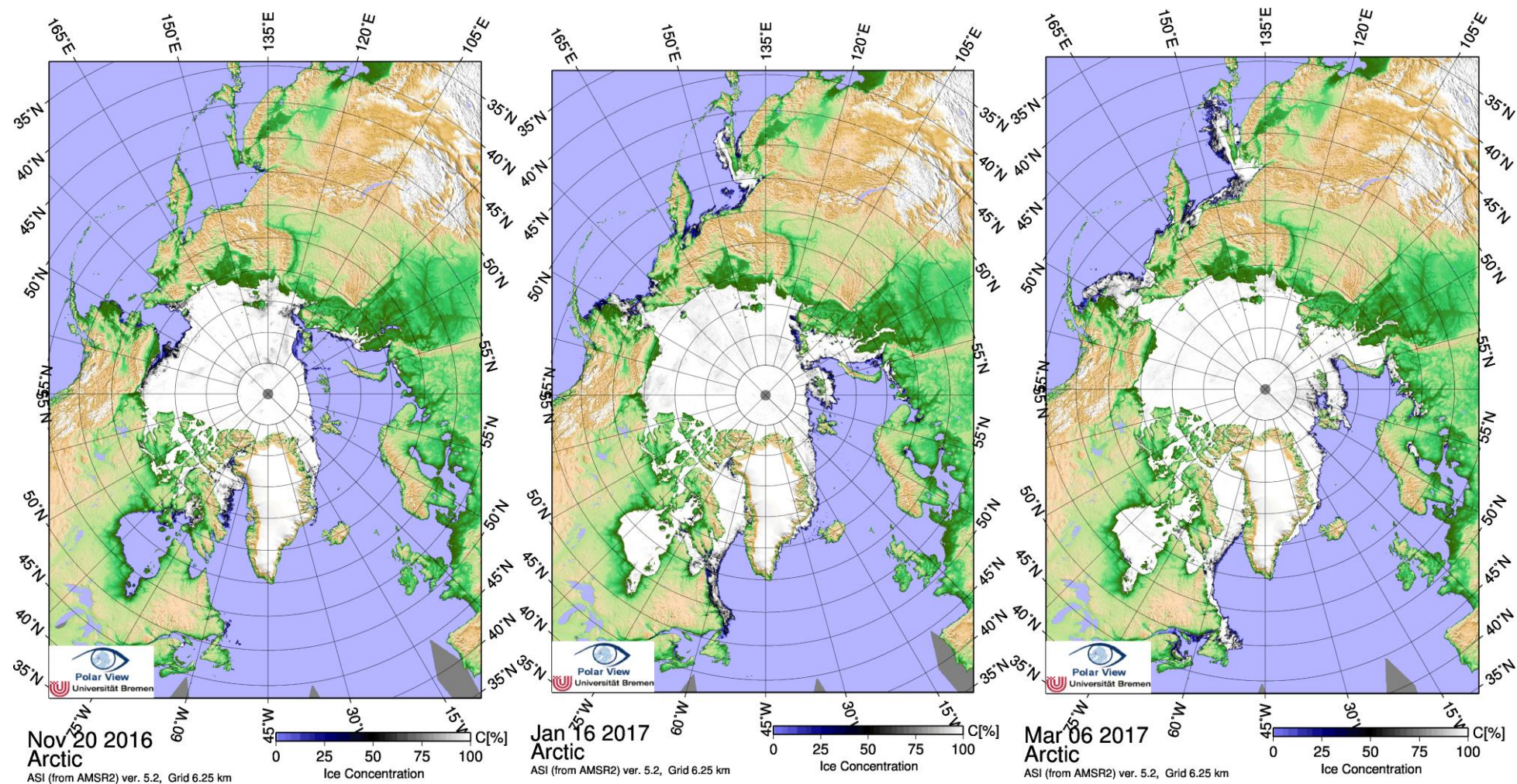
Номер точки / Химический элемент	Na, мг/л	Ca, мг/л	Mg, мг/л	K, мг/л	Cl, мг/л	HCO ₃ , мг/л	SO ₄ , мг/л	pH	Минерализация, мг/л
1	0,70	0,71	0,28	0,30	2,06	0,82	2,32	5,52	7,19
2	0,71	1,43	0,28	0,30	2,06	0,82	2,81	5,58	8,41
3	0,37	1,43	0,28	0,30	2,06	1,63	1,46	5,42	7,53
4	0,37	0,81	0,28	0,30	1,03	0,82	2,32	5,19	5,93
5	0,37	0,45	0,28	0,30	1,03	0,82	1,10	5,29	4,35
6	0,46	1,04	0,36	0,30	1,03	1,63	2,81	5,57	7,63
7	0,71	12,40	1,37	0,76	18,05	1,63	2,87	5,58	37,79
8	0,86	0,32	0,46	0,90	2,09	2,45	0,85	5,38	7,93
9	0,86	0,55	0,18	0,90	2,08	1,63	1,04	5,57	7,24
10	0,86	0,74	0,46	0,76	2,08	2,45	1,10	5,31	8,45
11	0,37	0,71	0,28	0,30	1,03	0,22	2,07	6,07	4,98
12	1,00	0,62	0,36	1,20	2,09	2,45	1,53	5,38	9,11
13	0,86	1,04	0,28	0,60	2,09	2,45	0,73	5,40	8,05
14	0,37	1,45	0,28	0,30	2,06	0,82	1,53	5,57	6,81
15	0,55	2,25	0,28	0,30	2,06	1,63	4,15	5,27	11,22
16	0,86	0,83	0,28	0,46	2,08	1,63	0,79	5,60	6,93
17	1,01	0,92	0,18	0,90	2,09	2,45	1,34	5,58	8,89
18	0,55	1,15	0,28	0,30	1,03	2,83	1,28	5,56	7,42
19	0,47	1,01	0,28	0,30	1,03	1,63	2,20	5,40	6,92
20	1,01	0,85	0,28	0,30	2,08	0,82	1,22	5,62	6,56
21	0,86	0,99	0,28	0,30	2,08	0,82	1,95	5,50	7,28
22	0,86	0,62	0,28	0,30	2,08	0,82	0,98	5,65	5,94
23	0,86	0,71	0,28	0,30	2,08	0,82	1,16	5,50	6,21
24	0,86	0,71	0,10	0,60	2,09	1,63	0,18	5,48	6,17
25	0,86	0,48	0,36	1,06	2,09	1,63	2,32	6,42	8,8
26	1,79	5,70	1,92	4,83	5,99	6,58	24,10	7,52	50,91

Номер точки / Химический элемент	Na, мг/л	Ca, мг/л	Mg, мг/л	K, мг/л	Cl, мг/л	HCO ₃ , мг/л	SO ₄ , мг/л	pH	Минерализация, мг/л
Max	2,25	1,20	0,46	1,01	2,09	4,15	2,83	6,42	11,22
Min	0,32	0,30	0,10	0,37	1,03	0,18	0,22	5,19	4,35
Среднее	0,91	0,50	0,29	0,70	1,82	1,64	1,49	5,53	7,33
Размах	1,93	0,90	0,36	0,64	1,06	3,97	2,61	1,23	6,87
Среднее линейное отклонение	0,302	0,247	0,046	0,205	0,393	0,686	0,607	0,159	1,066
Дисперсия	0,166	0,082	0,006	0,052	0,206	0,724	0,509	0,063	2,019
Стандартное отклонение	0,416	0,293	0,076	0,232	0,464	0,869	0,729	0,256	1,451
Кэф вариации	0,458	0,592	0,264	0,329	0,255	0,532	0,490	0,046	0,198
Кэф осцилляции	2,123	1,818	1,245	0,908	0,584	2,428	1,754	0,222	0,937
Ошибка среднего	0,08	0,06	0,02	0,05	0,09	0,18	0,15	0,05	0,30
Итоговые фоновые значения	0,91±0,08	0,5±0,06	0,29±0,02	0,70±0,05	1,82±0,09	1,64±0,18	1,49±0,15	5,53±0,05	7,33±0,30

Источник: Составлено автором.

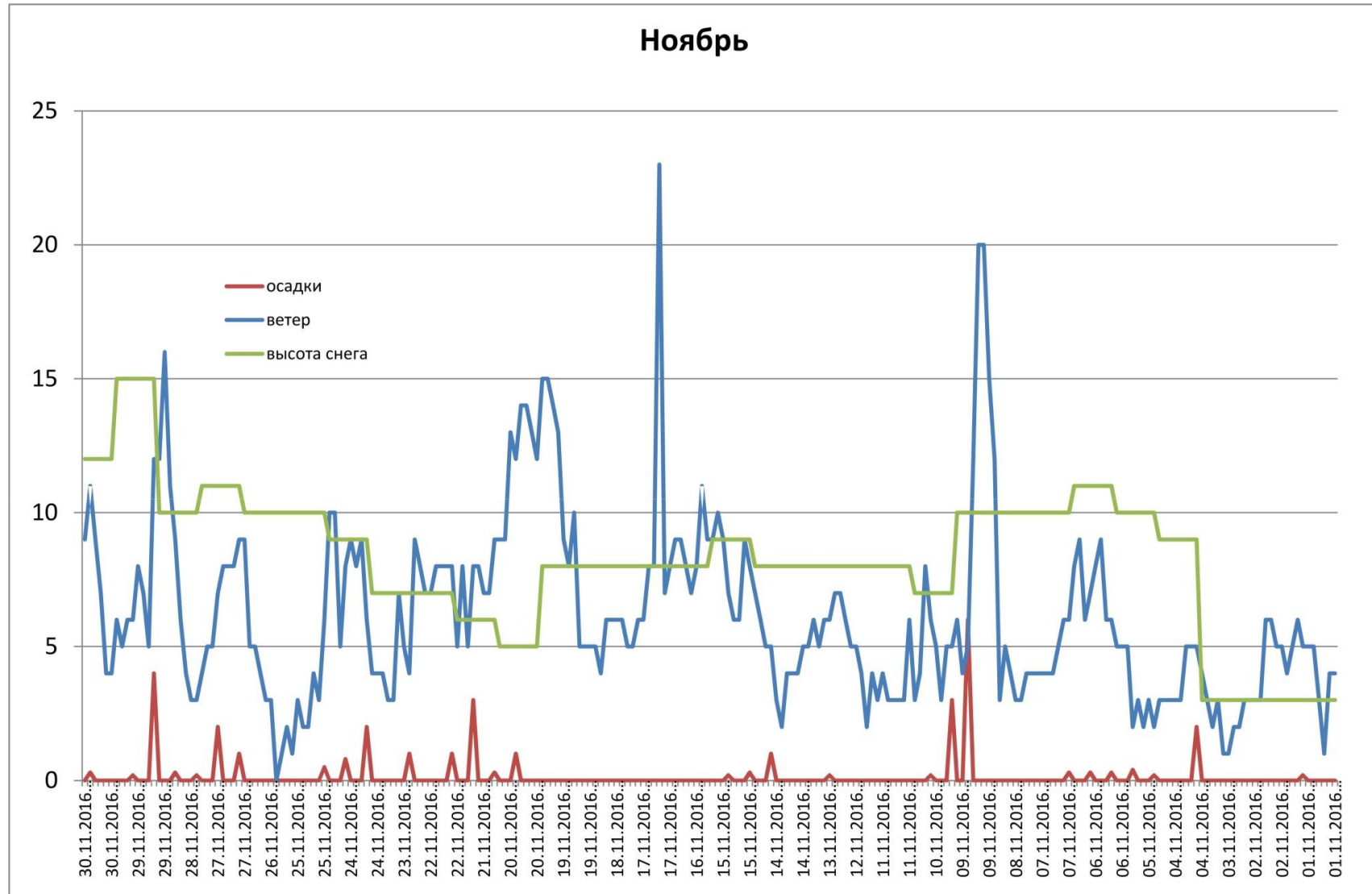
Приложение Г

Рисунок Г.1 – Карто-схемы распространения морского льда в Арктике. (Источник: <http://www.iup.uni-bremen.de/seaice/amsrdata/>)



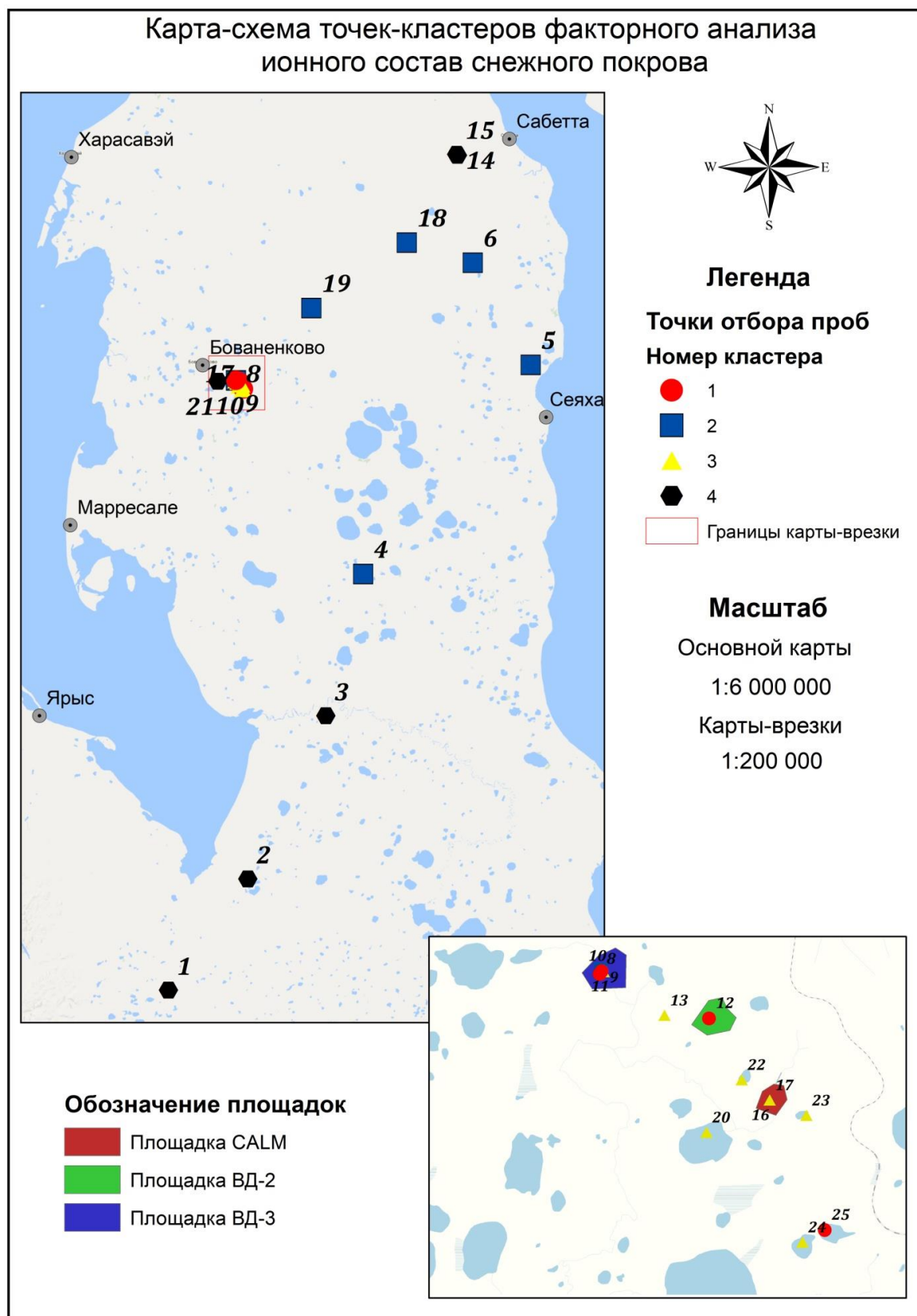
Приложение Д

Рисунок Д.1 – Климатический параметры снежного покрова за ноябрь 2016 г. По данным м.с. Марресале (www.rp5.ru). (Составлено автором)



Приложение Е

Рисунок Е.1 – Картосхема кластеризованных точек отбора проб снега п-ова Ямал (Составлено автором).



Выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) выполнена мной самостоятельно. Использованные 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 1 экземплярах

Библиография содержит 97 наименований (я)

На кафедру сдан 1 экземпляр (ов)

« _____ » _____
(дата)

(подпись)

(Ф.И.О.)