



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра метеорологии климатологии и охраны атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

На тему **«Облачный режим Заполярья Европейской территории России»**

Исполнитель Дягиль Иван Михайлович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук
(ученая степень, ученое звание)

Каплева Лариса Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Сероухова Ольга Станиславовна
(фамилия, имя, отчество)

«12» февраля 2021 г.

Санкт-Петербург
2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ	3
ВВЕДЕНИЕ	3
1. ПРИРОДА ОБЛАКОВ В АТМОСФЕРЕ	6
1.1 Механизмы образования облаков	6
1.2 Классификация облаков	9
1.3 Актуальность исследований в Заполярье в современном мире	19
2. ОСОБЕННОСТИ АТМОСФЕРЫ ЗАПОЛЯРЬЯ	21
2.1 Физико-географическое описание Заполярья	21
2.2 Климатическое описание Заполярья	26
3. ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕ- ТРОВ В НАЧАЛЕ 21 ВЕКА В РЕГИОНЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	27
3.1 Описание исходных материалов. Тенденции изменения давления, температуры воздуха и осадков	27
3.2 Особенности режима метеорологических явлений	39
3.3 Тенденции изменения метеорологических параметров и режим явлений на станции Мурманск	43
4. ОСОБЕННОСТИ ОБЛАЧНОГО РЕЖИМА НА ПРИБРЕЖНЫХ И КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ ЗАПОЛЯРЬЯ	60
4.1 Сравнение данных об облаках на континентальных и островных станциях	60
4.2 Сравнение данных по облачности на континентальных и островных станциях	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	75
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	77

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ

ЕТР – Европейская территория России

ВО – внутримассовые облака

ФО – фронтальные облака

ТП – турбулентное перемешивание

АФ – арктический атмосферный фронт

ОЦА – общая циркуляция атмосферы

ВВЕДЕНИЕ

Русская Арктика или Заполярье представляет собой огромный интерес для экономики всей страны. На территории Заполярья ЕТР проживает большое количество людей, строятся новые аэропорты и морские порты, военные и промышленные города и посёлки, развиваются транспортные пути. Выделяются ресурсы научного обеспечения для развития региона и в том числе науки об атмосфере.

Облака являются составной частью атмосферы. Многообразие облаков формируют неповторимые черты нашей удивительной планеты. Однако облака таят в себе такие опасные явления, как гроза, град, ливни, туманы. Облака приводят к формированию погоды и их необходимо учитывать в самых различных сферах деятельности общества.

Формы облаков и последовательность их смены говорят о приближении различных фронтов и барических изменениях. Формы облаков отражают вертикальное распределение температуры в атмосфере. Знание форм облаков необходимо для составления прогнозов погоды и позволяет предупредить о приближении ненастья [2].

Актуальность темы выпускной квалификационной работы заключается в том, что изучение облачного режима Заполярья ЕТР позволит определить имеются ли изменения климата исследуемого региона, а также позволит расширить информационный ресурс для обеспечения потребителей, вовлеченных в освоение данного региона.

Целью написания выпускной квалификационной работы является исследование особенностей облачного режима на континентальных и островных станциях Заполярья ЕТР, на основании собранных архивных данных за период 2015-2019 годов.

Исходя из поставленной цели выпускной квалификационной работы, определены следующие задачи:

- изучить теоретический материал, классификацию и механизм образования облаков в атмосфере;
- собрать данные наблюдений на станциях Заполярья ЕТР;
- провести анализ метеорологических характеристик для станций Заполярья ЕТР;
- провести анализ облачного режима на континентальных и островных станциях Заполярья ЕТР.

Объектом исследования являются облака в Заполярье ЕТР.

Предмет исследования – сезонное и географическое распространение облаков и их формы.

Структура выпускной квалификационной работы состоит из четырех глав. В первой главе содержится общая информация об облаках, их разновидности и формы, внешнее описание, механизмы образования облаков, а также актуальность метеорологических исследований особенностей Заполярья.

Во второй главе представлена физико-географическая характеристика района исследования, а также факторы, влияющие на формирование климата Заполярья ЕТР.

В третьей главе представлена практическая часть выпускной квалификационной работы, в которой, на основании собранных данных, проведен анализ изменений основных метеорологических параметров и явлений для четырех станций Заполярья ЕТР, отдельно для станции Мурманск и сопоставление их с данными климатического справочника.

В четвертой главе представлена практическая часть выпускной квалификационной работы, в которой, на основании собранных данных, проведен анализ облачного режима на континентальных и островных станциях Заполярья ЕТР. В заключении представлены основные выводы, полученные при проведении данной работы.

1. ПРИРОДА ОБЛАКОВ В АТМОСФЕРЕ

Облака представляют собой совокупность взвешенных капель воды и кристаллов льда, находящихся на некоторой высоте над земной поверхностью.

Облака являются индикаторами погоды. В метеорологии известно, что облачность оказывает влияние на поле движения атмосферы, в первую очередь на поле вертикальных скоростей, а учет облачности при построении прогнозов повышает их оправдываемость [1].

Высота облаков и их строение взаимосвязаны с положением уровня конденсации, уровня нулевой изотермы, уровня замерзания и верхней границей облаков. Уровень конденсации совпадает с нижней границей облаков. Между уровнем конденсации и нулевой изотермы облако состоит из водяных капель (тающих снежинок). Выше уровня нулевой изотермы облака состоят из переохлажденных водяных капель. Переохлажденные капли в облаках наблюдаются до уровня замерзания, той высоты, где температура -12° -17°C . Выше этого уровня происходит уже сублимация водяного пара, а также замерзание переохлажденных капель и облака состоят в основном из ледяных кристаллов [3].

1.1. Механизмы образования облаков

Облака возникают в результате конденсации и сублимации водяного пара в атмосфере, который поступает путем испарения с водных поверхностей, суши, растительности и т.п. По условиям образования все облака разделяются на ВО, возникающие внутри однородных воздушных масс, и ФО, возникновение которых связано с атмосферными фронтами [3].

От земной поверхности водяной пар поднимается в высокие слои и сосредоточивается в основном в тропосфере. С увеличением высоты содержание водяного пара уменьшается. Состояние воздуха, при котором он содержит предельно возможное при данной температуре количество водяного пара, называется насыщением. Если воздух достигает состояния насыщения и

продолжает охлаждаться, то в нем происходит переход в жидкое или твердое состояние водяного пара [2].

Основные процессы, приводящие к образованию ВО: [3]

1. сравнительно медленные упорядоченные вертикальные движения в зонах атмосферных фронтов;
2. термическая и динамическая конвекция;
3. турбулентное перемешивание (ТП);
4. волновые движения;
5. ячейковая конвекция.

Основным процессом, приводящим к образованию ФО, является восходящее скольжение теплого воздуха по клину более холодного. В зоне атмосферного фронта холодная воздушная масса имеет вид клина, расположенного под теплой воздушной массой. Масса теплого воздуха, перемещаясь в горизонтальном направлении, совершает вынужденный медленный подъем, при котором адиабатически охлаждается. Это приводит к конденсации водяного пара и образованию облаков восходящего скольжения, к которым относятся перисто-слоистые, высокослоистые и слоисто-дождевые [2,3].

Термическая и динамическая конвекция (вертикальное движение масс воздуха) является основной причиной, приводящей к образованию конвективных (кучевообразных) облаков. К конвективным облакам относятся кучевые и кучево-дождевые облака. Термическая конвекция обусловлена неравномерностью прогрева земной поверхности и воздуха над ней. Нагрев отдельных участков поверхности Земли зависит от их радиационных и теплофизических свойств, а также от ориентации по отношению к солнечному излучению, поэтому над различными поверхностями появляются массы воздуха с разной температурой и соответственно разной плотностью. Толчком для вертикальных движений воздуха может стать турбулентность или динамическое взаимодействие потока с подстилающей поверхностью. Теплый воздух, попадая в более холодную воздушную массу, начинает подниматься вверх в виде пузырей или струй, т.е. в виде термиков, диаметр которых

составляет до 70 метров. По мере подъема термики растут, при этом растет разница в температуре между ними и окружающим воздухом. Облака растут вверх, пока поднимающиеся термики не утрачивают свою подъемную силу. Динамическая конвекция обусловлена вынужденным подъемом теплого воздуха при обтекании препятствия, например, горного хребта, с наветренной стороны которого образуются кучевообразные облака. Иногда конвекция, возникшая как вынужденная, становится с некоторого уровня свободной, как это наблюдается в горных районах [2].

ТП играет значительную роль в образовании волнистообразных облаков. В устойчивой атмосфере конвективные движения тормозятся, вертикальное перемещение воздуха осуществляется лишь за счет ТП. Поднимающийся от земной поверхности ненасыщенный воздух адиабатически охлаждается, что приводит к понижению температуры вышележащего слоя, а опускающийся – нагревается, в результате чего температура нижележащего слоя повышается. ТП приводит к перераспределению содержания водяного пара по высоте. Пар переносится от земной поверхности вверх и задерживается в подынверсионном слое, здесь же накапливаются и ядра конденсации. В результате ТП образуются облака нижнего яруса – слоистые. ТП не распространяется до больших высот, поэтому основание образовавшихся облаков располагается низко, а верхняя их граница практически совпадает с нижней границей инверсионного слоя [2].

Волновые движения возникают в атмосфере на разных высотах и имеют различные амплитуду и длину волны. Такие движения в устойчивых воздушных массах при наличии инверсионных слоев служат основной причиной образования волнистообразных облаков. Нижняя граница инверсионного слоя представляет собой границу раздела между нижележащим холодным и вышележащим теплым воздухом. Если теплый и холодный воздух движутся с разными скоростями, то на границе их раздела возникают волновые движения. Амплитуда и длина этих волн зависят от разности плотности воздуха и разности скорости ветра в обоих слоях. В гребнях волн воздух поднимается и адиабатически охлаждается, что приводит

к конденсации водяного пара. В ложбинах волн воздух опускается, адиабатически нагревается и удаляется от состояния насыщения. Таким образом в гребнях образуются облака, в ложбинах просветы. В результате действия этих процессов в верхнем ярусе образуются перисто-кучевые облака, в среднем – высококучевые, в нижнем – слоисто-кучевые [2].

1.2. Классификация облаков

Международная классификация облаков окончательно сформировалась в середине XX века, когда был опубликован первый международный атлас облаков. Классификация подразделяет все облака на формы, виды и разновидности, которым присвоены латинские названия. В России используют и латинские, и русские названия. Согласно классификация ВМО различают 10 форм облаков. Формы облаков в зависимости от их структуры и особенностей внешнего вида подразделяются на виды. Для более детального описания облаков каждой формы используются разновидности, которые отражают степень прозрачности, особенности отдельных облачных элементов, а также их расположение на небе [2].

При наблюдении за облаками сначала определяют их форму, затем вид. Все особенности облаков описываются при помощи разновидностей. При описании название вида и разновидности присоединяются к названию формы. Таким образом, из терминов в классификации ВМО можно составить комбинацию, которая наиболее точно описывает облако со всеми его особенностями [2].

В Российской классификации облаков используются более жесткие правила, чем в международной классификации: определяется форма облаков, вид и соответствующая только этому виду разновидность, причем разновидности взаимно исключают друг друга. Дополнительные формы облаков и дополнительные особенности не выделяются, а внесены в классификацию в качестве разновидностей [2].

Облачность оказывает влияние на поле движения (динамику) атмосферы, в первую очередь на поле вертикальных скоростей. В зависимости

от горизонтальных размеров областей, охваченных вертикальными движениями, а также физических процессов образуются различные по внешнему виду и внутреннему строению облака. Такая генетическая классификация разделяет все облака на три класса:

Кучевообразные – сильно развитые по вертикали и имеющие сравнительно небольшую горизонтальную протяженность; образуются в результате интенсивных восходящих движений воздуха – конвекции;

Волнистообразные – распространенный по горизонтали слой облаков, имеющих вид «барашков», валов или гряд; образуются в результате волновых движений и турбулентного перемешивания в тропосфере.

Слоистообразные – имеют вид сплошного поля пелены; горизонтальная протяженность этих облаков в десятки и сотни раз превосходит их вертикальную мощность; образуются в результате медленных, плавных восходящих движений теплого воздуха по клину холодного [3].

Согласно международной классификации, облака по высоте делятся на четыре семейства [2]:

1. Семейство облаков верхнего яруса, расположенных в полярных широтах на высотах 3-8 км, в умеренных – 5-13 км, в тропических – 6-18 км. К этому ярусу относят перистые, перисто-кучевые и перисто-слоистые облака.

2. Семейство облаков среднего яруса, расположенных в полярных широтах на высотах 2-4 км, в умеренных – 2-7 км, в тропических – 2-8 км. К этому ярусу относят высококучевые и высокослоистые.

3. Семейство облаков нижнего яруса, располагается от земной поверхности до высоты 2 км на всех широтах. К этому ярусу относят слоисто-дождевые, слоистые и слоисто-кучевые облака.

4. Семейство облаков вертикального развития (основания на высоте облаков нижнего яруса, а вершины – на высоте облаков среднего или верхнего яруса) представлены кучевыми и кучево-дождевыми облаками.

Также имеются перламутровые облака в стратосфере на высоте 20-25 км и серебристые облака в мезосфере на высоте 80-85 км.

Внешний вид облаков очень разнообразен и определяется характером процессов, приводящих к их образованию. Для систематизации, описания и распознавания облаков по их внешним признакам Всемирной метеорологической организацией принята международная морфологическая классификация, согласно которой все облака делятся на 10 основных форм.

1.2.1. Семейство облаков верхнего яруса

1. Перистые облака (Cirrus, Ci) (Рис.1.1) По внешнему виду: от тонких полупрозрачных нитей до плотных облачных массивов, простирающиеся на многие километры в горизонтальной плоскости и несколько километров вертикальной плоскости. Перистые облака по форме могут напоминать крючки, нити, космы и перья. Поскольку эти облака расположены выше других, то с заходом солнца они остаются ещё освещенными и приобретают красную или золотистую окраску. Состоят из ледяных кристаллов в виде столбиков высотой 0.01-0.1 мм. Сквозь перистые облака просвечивают космические тела – планеты и звезды. В них наблюдаются гало и венцы. Причиной образования перистых облаков является подъем влажного и теплого воздуха в верхний слой тропосферы. При подъеме воздух охлаждается, и водяной пар преобразуется в ледяные кристаллы. Толщина слоя Ci облаков колеблется от сотен метров до нескольких километров. Высота нижней границы 7,0-10 км [2].



Рисунок 1.1. Перистые облака

2. Перисто-кучевые облака (Cirrocumulus, Cc) имеют вид отдельных элементов небольших размеров – тонкой ряби, хлопьев, расположенных упорядоченно, часто волнообразно (Рис.1.2.). Имеют белый или голубовато-белый цвет, волны и частично волокнистое строение. Отличаются небольшой плотностью и высокой прозрачностью. Состоят из мелких ледяных кристаллов (столбики и призмы). В них наблюдаются иризация, гало и венцы. Образуются в инверсионных слоях, на вершинах гравитационных волн либо в конвективных ячейках верхней тропосферы. Осадки из Cc, как правило, не выпадают, но иногда наблюдаются полосы падения ледяных кристаллов. Толщина слоя Cc облаков от 200 м до 400 м. Высота нижней границы 6,0-8,0 км [2].



Рисунок 1.2. Перисто-кучевые облака

3. Перисто-слоистые облака (Cirrostratus, Cs) (Рис.1.3.) имеют вид тонкой белесой или голубовато-белой пелены однородной, волокнистой или волнистой структуры, сквозь которую легко просвечивается солнце, луна. Часто слой перисто-слоистых облаков закрывает весь небосвод. Пелена однородна и непрерывна. В Cs облаках можно наблюдать гало, ложные солнца, вертикальные столбы, проходящие через солнечный диск. Освещенность земной поверхности при наличии Cs облаков почти не уменьшается, предметы отбрасывают тени, но менее контрастные, чем при ясном небе. Перисто-слоистые облака образуются при подъеме влажного и теплого воздуха в верхний слой тропосферы в зонах атмосферных фронтов. При подъеме воздух адиабатически охлаждается, и водяной пар преобразуется в ледяные кристаллы. Состоят из мелких кристаллов в виде игл или

шестигранных столбиков. Осадки из Cs облаков выпадают в виде слабого снега или ледяных игл. Толщина слоя Cs облаков колеблется в пределах от 100 м до нескольких километров. Высота нижней границы 6,0-8,0 км [2].



Рисунок 1.3. Перисто-слоистые облака

1.2.2. Семейство облаков среднего яруса

1. Высококучевые облака (Altostratus, As) (Рис.1.4.) имеют вид слоев или гряд, состоящих из отдельных элементов с четкими очертаниями. Белые, сероватые или синеватые облака, состоящие из пластин и хлопьев. Нередко элементы высококучевых облаков выстраиваются в ряды, расположенные параллельно или правильными дугами. Могут распространяться как на часть неба, так и на весь небосвод. На облаках можно наблюдать явление иризации и венцы. Основная причина образования – конденсация водяного пара в гребных волн, развивающихся под слоем температурной инверсии, а также в конвективных ячейках. Облака As состоят из капель воды радиусом 4-5 мкм, иногда в смеси с ледяными кристаллами и снежинками. Толщина слоя As облаков от 200 м до 700 м. Высота нижней границы 2,0-6,0 км [2].



Рисунок 1.4. Высококучевые облака

2. Высо코스лоистые облака (Altostratus, As) (Рис. 1.5.) представляют собой серую или желтовато-серую однородную пелену слегка волокнистого строения. Как правило, закрывает все небо. Сквозь тонкий слой As облаков солнце просвечивает слабо и выглядит как пятно с размытыми краями. Вокруг солнца и луны в тонких высокослоистых облаках изредка могут наблюдаться венцы. Причиной образования As облаков служит медленный подъем влажного и теплого воздуха в зонах атмосферных фронтов. Состоят из ледяных кристаллов в форме столбиков, пластинок и переохлажденных капель воды радиусом 4-5 мкм. Нижние части этих облаков состоят из более крупных снежинок или из мелких капель. Из высокослоистых облаков выпадают осадки, которые летом не достигают земли из-за испарения в атмосфере при падении. Толщина слоя As облаков от нескольких сотен метров до нескольких километров. Высота нижней границы 2,0-6,0 км [2].



Рисунок 1.5. Высо코스лоистые облака

1.2.3. Семейство облаков нижнего яруса

1. Слоисто-кучевые (Stratocumulus, Sc) (Рис. 1.6.) облака – серые, состоят из крупных гряд, волн, пластин или хлопьев, разделенных просветами. В окраске Sc облаков преобладают оттенки серого цвета, вечером при заходе солнца окрашиваются в желтый или багровый цвета. У Sc облаков отсутствуют правильные формы. Часто располагаются правильными рядами в одном или двух направлениях. Состоят преимущественно из капелек воды радиусом 5-7 мкм. Sc облака относятся к волнистообразным облакам, образуются на коротких гравитационных волнах или в зонах ячейковой

конвекции, наряду с Ac и Cc. Водяной пар, поднимающийся от земной поверхности, задерживается под слоем инверсии, где происходит его накопление и конденсация вследствие адиабатического понижения температуры. В тонких слоях Sc облаков могут наблюдаться венцы, а в низких слоях наблюдается подсветка наземными огнями. Толщина слоя Sc облаков от 100 м до 800 м. Высота нижней границы 0,6-2,0 км [2].



Рисунок 1.6. Слоисто-кучевые облака

2. Слоистые (Stratus, St) (Рис. 1.7.) облака представляют собой однородный слой серого цвета, сходный с туманом на некоторой высоте, выражены чередования темных и светлых полос. Обычно закрывают все небо сплошной пеленой. В тонких слоистых облаках можно наблюдать венцы вокруг солнца или луны. Ночью низкий слой St облаков может отражать огни наземных источников света. Состоят из капель воды 2-5 мкм. В частях облака с 0°C имеются ледяные кристаллы. Образуются по причине турбулентного перешивания под слоем инверсии. Водяной пар переносится турбулентными потоками от земной поверхности вверх и задерживается слоем инверсии. Это приводит к его охлаждению, накоплению и конденсации. Также причиной образования St облаков служит охлаждение нижнего слоя воздуха, приводящее к конденсации водяного пара, и в результате слоистые облака представляют собой туман, приподнятый над поверхностью Земли. Толщина слоя St облаков от 200 м до 800 м. Высота нижней границы 0,1-0,8 км [2].



Рисунок 1.7. Слоистые облака

3. Слоисто-дождевые (Nimbostratus, Ns) (Рис. 1.8.) имеют темно-серый облачный слой, иногда с синеватым оттенком. При осадках кажется однородным. Обычно закрывают небо сплошным слоем без просветов. Имеют смешанный состав. Капли размером 7-8 мкм. Солнце и луна не просвечивают, оптические явления отсутствуют. Из слоисто-дождевых облаков выпадают интенсивные осадки. Слоисто-дождевые облака образуются на фронтах при подъеме теплой воздушной массы вдоль фронтальной поверхности. При таком движении воздушная масса адиабатически охлаждается, в ней происходит конденсация водяного пара. Толщина слоя Ns облаков до нескольких километров. Высота нижней границы 0,1-1,0 км [2].



Рисунок 1.8. Слоисто-дождевые облака

1.2.4. Семейство облаков вертикального развития

1. Кучевые (Cumulus, Cu) (Рис. 1.9.) облака плотные, развитые по вертикали с белыми куполообразными вершинами и плоским основанием. Основание облака имеет серый или синеватый цвет, вершины ярко-белые, неровности подчеркнуты тенями. Обычно кучевые облака беспорядочно разбросаны по небу, реже могут иметь упорядоченный вид – располагаться в виде рядов. Кучевые облака не образуют непрерывного слоя, между ними

всегда есть просветы. Вершины состоят из крупных капель до 10 мкм. В основании расположены мелкие капли 6 мкм. При температурах ниже 0°C капли находятся в переохлажденном состоянии. Причиной возникновения кучевых облаков являются мощные восходящие движения воздуха (конвекция). При подъеме воздух адиабатически охлаждается, происходит конденсация водяного пара, образуются кучевые облака. Развитие кучевых облаков обычно начинается в утренние часы в результате нагрева подстилающей поверхности солнцем. Толщина слоя Сu облаков от сотен метров до 1,5-2 км. Высота нижней границы 0,5-2,0 км [2].



Рисунок 1.9. Кучевые облака

2. Кучево-дождевые (Cumulonimbus, Cb) (Рис. 1.10.) облака – мощные белые облачные массы с темными основаниями. Они являются самыми мощными облаками вертикального развития. Поднимаются в виде гор или башен. Из них выпадает дождь, наблюдаются полосы падения. В верхней части состоят из ледяных кристаллов, которые при -15°C имеют форму столбиков. При температуре выше -15°C состоят из пластинчатых кристаллов и переохлажденных капель воды. Причиной образования Cb облаков являются мощные восходящие потоки воздуха. Поднимающийся от земной поверхности воздух адиабатически охлаждается, что приводит к конденсации водяного пара. Толщина слоя Cb облаков до нескольких километров. Высота нижней границы 0,5-2,5 км [2].



Рисунок 1.10. Кучево-дождевые облака

После прошедших дождей 06.09.2020 года над городом Мурманск были замечены облака странной формы. Это были мамматусы или «вымяобразные» облака. Для их образования необходимо соседство влажной и неустойчиво распределённой воздушной массы в средней и верхней частях тропосферы. Кроме того, считается, что такие облака более характерны для тропиков и наблюдать их в Заполярье можно очень редко. Увидеть мамматусы смогли из-за угасания мощного кучево-дождевого облака, которое так и не стало грозовым [4].



Рисунок 1.11. Мамматусы

1.3. Актуальность исследований в Заполярье в современном мире

«Сегодня в России создано министерство и государственная комиссия по развитию Арктики, учрежден профессиональный праздник – День полярника. Еще пять лет назад об этом можно было только говорить. Много сделано, но еще больше предстоит сделать, впереди напряженная работа», - отметил Артур Чилингаров, приветствуя участников десятого международного форума «Арктика: Настоящее и Будущее» в декабре 2019 года.

Актуальность исследований в Заполярье в современном мире диктуется экономическим развитием стран региона. Здесь сосредоточены колоссальные промышленные и природные ресурсы.

В Арктике есть большой потенциал транспортных возможностей, со временем здесь может пройти один из важнейших мировых морских транспортных путей, что позволит сократить стоимость и продолжительность перевозок между тремя основными центрами мировой экономики — Европой, Северной Америкой и Восточной Азией. В Заполярье европейской территории России создан фундамент для сопровождения транспортной, военной, хозяйственной и других видов деятельности. Города Мурманск, Архангельск, Нарьян-Мар и острова Новой Земли являются крупными и важными транспортными центрами всей транспортной системы страны.

С целью экономического развития нашей страны необходимо обеспечивать метеорологической информацией все отрасли, вовлеченные в освоении Арктики. Дальнейшее изучение климатических особенностей Заполярья позволит расширить информационный ресурс для обеспечения потребителей.

Также, Заполярье представляет собой большой интерес для изучения многих научных дисциплин, как труднодоступная и малоизученная территория. Непрерывный мониторинг климата Заполярья необходим для подготовки будущих специалистов-метеорологов.

Исследования особенностей Заполярья помогут расширить возможности международного сотрудничества в рамках Всемирной

метеорологической организации, поскольку интересы государственной политики стран-соседей также направлены на освоение Арктики.

Кроме того, изменения климата могут представлять угрозу безопасности Российской Федерации. В этих условиях важно получать полную, объективную и достоверную информацию о текущих и будущих климатических изменениях, об их последствиях для Российской Федерации и других стран.

2. ОСОБЕННОСТИ АТМОСФЕРЫ ЗАПОЛЯРЬЯ

2.1. Физико-географическая характеристика района

Арктика или Заполярье представляет собой северную полярную область Земли, включающую окраины материков Евразии и Северной Америки, почти весь Северный Ледовитый океан с островами, а также прилегающие части Атлантического и Тихого океанов.

Заполярье ЕТР представлено Мурманской областью, Архангельской областью, Республикой Карелия и Ненецким автономным округом. Это территории Кольского полуострова, северной части Восточно-Европейской равнины, островов Новая Земля, архипелага Земля Франца-Иосифа, Баренцева и Белого морей (Рис. 2.1 – 2.2).



Рисунок 2.1. Карта России

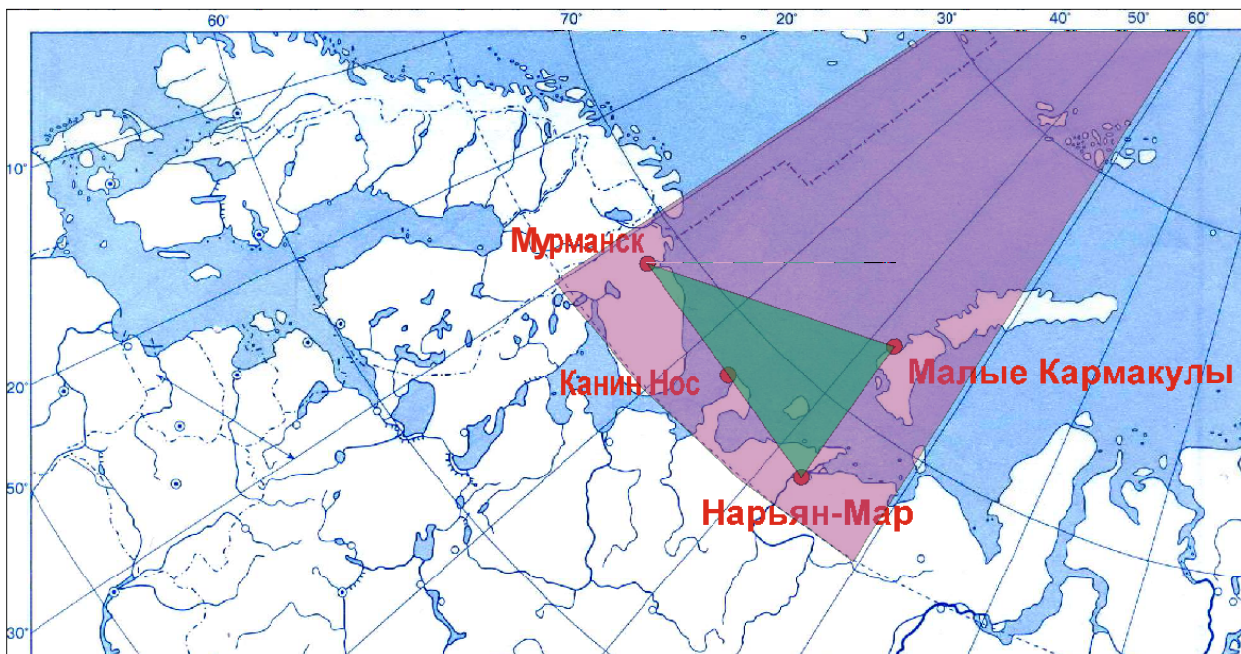


Рисунок 2.2. Карта станций Заполярья

Кольский полуостров находится на северо-восточной оконечности Балтийского кристаллического щита, сложенного в основном гранитами и гнейсами. Основные особенности рельефа полуострова обусловлены многочисленными разломами и трещинами кристаллического щита, а также носят следы мощного воздействия ледников, сгладивших вершины гор и оставивших большое количество моренных отложений. Горы полуострова чаще всего имеют столообразную форму – высокие плоские плато круто обрываются к окружающим их низинам. Плато рассечены глубокими долинами и ущельями. Поверхность их покрыта голыми каменными россыпями и обломками скал. На формирование рельефа большое влияние оказала и размывающая деятельность рек, которые сносят много обломочного материала и образуют мощные дельты в устьях. К югу от горного района находится Южная озерная низина, занятая обширными болотами, многочисленными озерами. Значительная часть низины занята бассейном реки Пиренги, состоящим из озер, соединенных короткими протоками. Центральный горный район расположен между государственной границей и Ловозером. Долины рек и озера расчленяют этот хребет на отдельные массивы - тундры. Здесь выделяются своей высотой Рослим, Туадаш, Сальные, Монче, Чуна, Волчи, Хибинские и Ловозерские тундры. В равнинных районах

встречается много холмов, покрытых лесом. Тектонические силы, образовавшие горы, оставили провалы и разломы земной поверхности и за пределами гор. Именно в этом районе расположены крупнейшие озера – Имандра и Умбозеро. Крупные реки, образовавшиеся еще до оледенения, текут в U-образных долинах, разработанных ледником, а мелкие, появившиеся уже после оледенения, в узких каньонообразных долинах. К югу от горного района находится Южная озерная низина, простирающаяся от границы с Финляндией до среднего течения Умбы и занятая обширными болотами, многочисленными озерами, возвышенностями до 500 м. На северо-западе низина ограничена тундрами Корва, Вува, Лива, Заячьими и Нявка, на юго-западе – высотами Риколатва и Келесуайв, Кандалакшскими и Колвицкими тундрами, примыкающим к Кандалакшскому берегу и круто спадающим к Белому морю. Восточный район Кольского полуострова по рельефу можно разделить на северную, центральную и южную части. Северную часть занимает плато, круто обрывающееся к Баренцеву морю и горлу Белого моря. Плато пересечено ущельями, по которым протекают реки Харловка, Иоканга, Восточная Лица, низовье Поноя. К югу плато постепенно повышается до 300 м и резко обрывается к центральной болотистой низине [7].

Столица Кольского Заполярья – город Мурманск находится в координатах 68°58′ с.ш. 33°05′ в.д., на высоте 51 м над уровнем моря. Город Мурманск раскинулся по скалистым берегам Кольского залива, в который впадают реки Тулома и Кола. Город Мурманск находится в 50 км от Баренцева моря.

Территория Архангельской области в целом представляет собой обширную равнину со слабо выраженным уклоном к Белому и Баренцеву морям, равнинные места нарушаются конечно-моренными холмами, образовавшимися в результате деятельности древнего ледника. На северо-западе области сохранились мощные моренные нагромождения с множеством замкнутых впадин, занятых озерами, с холмами, сливающимися в целые цепи (Летние горы Онежского полуострова). На юге выделяется Коношско-Няндомская возвышенность высотой до 250 м над уровнем моря, где

обширные неглубоко врезанные речные долины спокойно чередуются с платообразными водоразделами. На востоке в пределы области входят низкогорья Северный и Средний Тиман, состоящие из ряда параллельных гряд с платообразными вершинами высотой до 400-450 м. На западе вдоль Онежского залива протянулся кряж Ветреный Пояс. На плоских водораздельных плато на западе области, где ближе всего к поверхности подходят палеозойские известняки и мергеля, широко распространены карстовые явления. Низины обычно выполнены толщами морских, озерно-ледниковых и аллювиальных наносов. На изменение рельефа влияют эрозия (ежегодно в бассейне Северной Двины смывается до 660 кг почвы с 1 га), морской или озерный прибой, карстовые процессы, превращающие целые участки близ Кулоя и Пинеги в «дурные» земли, аккумулирующая деятельность льдов на озерах и реках. Равнина расчленена широкими древними ложбинами, занятыми в настоящее время долинами рек, которые текли в этом направлении еще в ледниковое время. К востоку от реки Онеги кристаллические породы Балтийского щита глубоко погружаются и геологическую основу создают палеозойские породы, перерываемые мощным чехлом рыхлых четвертичных наносов ледникового и морского происхождения.

На севере Архангельской области расположен полуостров Канин. Полуостров представляет собой волнистую ледниковую равнину, сильно заболоченную, особенно в южной части полуострова. С юго-востока на северо-запад на севере полуострова тянется узкая возвышенность Канин Камень, сложенная щебнистыми коренными породами. В северо-западной части равнины имеются ледниковые формы рельефа времен последнего валдайского оледенения – холмистые конечно-моренные гряды, ледниковые озера, зандровые поля. Значительно распространены карстовые формы (Онежско-Двинский водораздел, Пинеги-Кулойский район) – пещеры, карстовые озера, карстовые башни [8].

Мыс Канин Нос находится на северо-западной оконечности полуострова Канин, в координатах 68°65' с.ш. 43°30' в.д., на высоте 49 м над

уровнем моря. Мыс Канин Нос омывается водами Белого и Баренцева морей и непосредственно перед ним проходит водораздел между морями.

Ненецкий автономный округ расположен на Печорской низменности, протянувшейся от Тиманского кряжа до хребта Пай-Хой и занимает местность именуемую Малоземельная тундра (на западе) и Большеземельная тундра (на востоке). В физико-географическом отношении Печорская низменность крайне неоднородна, поскольку в ней имеются равнинные и горные территории, а в зональном отношении она тянется от тундровой зоны до таежной. Рельеф – равнинный, лишь небольшая возвышенность на Югорском полуострове (гора Большая Надея, высота 428 м). На всей территории округа распространена многолетняя мерзлота [9].

Город Нарьян-Мар находится в низовьях реки Печора, в координатах 67°63' с.ш. 53°02' в.д., на высоте 12 м над уровнем моря, в 110 км от Баренцева моря.

Архипелаг Новая Земля – самый крупный из островов Арктики. Вытянутый в меридиональном направлении на 925 км между широтами 70,5° и 77°. 25% поверхности Новой Земли покрыто ледниками. На юге Новая Земля отделена проливом Карские Ворота от острова Вайгач, имеющего сходные с ней геологические, климатические и географические условия. Холмистая равнина с отдельными плоскими вершинами, покрытая многочисленными озерами, постепенно переходит в средние районы, носящие альпийский характер. Береговая линия сильно изрезана заливами и фьордами, к которым крутыми уступами в 10-20 метров [10].

На острове Южный архипелага Новая Земля находится метеостанция Малые Кармакулы. Станция находится непосредственно у Баренцева моря, в координатах 72°36' с.ш. 52°71' в.д., на высоте 14 м над уровнем моря.

2.2. Климатическая характеристика района.

Берега Заполярья ЕТР омываются Баренцевым и Белым морями, которые оказывают большое влияние на формирование климата в регионе.

Климат Баренцева моря формируются под влиянием двух противоположно действующих факторов – тёплого течения Северной Атлантики и холодных масс Северного Ледовитого океана. В целом климат характеризуется как полярный, с продолжительным зимним периодом и коротким летом. Северная часть акватории Баренцева моря находится под влиянием арктических воздушных масс, южная испытывает на себе влияние умеренной климатической зоны. Сталкиваясь, два этих потока порождают АФ (арктический атмосферный фронт), протянувшийся от Исландии до северной оконечности архипелага Новой Земли. В зоне АФ постоянно зарождаются циклоны и антициклоны, оказывающие непосредственное влияние на изменения погоды в регионе.

Для Заполярья ЕТР характерны суровая продолжительная зима, сравнительно короткое лето, короткие переходные сезоны – весна и осень.

3. ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В НАЧАЛЕ 21 ВЕКА В РЕГИОНЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Описание исходных данных

Данные архива погоды предоставлены компанией ООО «Расписание Погоды», электронный ресурс. Архив погоды включает в себя метеорологические наблюдения по 8 срокам за каждые сутки с 01 января 2015 года по 31 декабрь 2019 года для четырех станций: Мурманск, Канин Нос, Нарьян-Мар и Малые Кармакулы[13].

Для изучения состояния атмосферы на территории Заполярья ЕТР были выбраны следующие метеорологические характеристики: среднемесячные и среднегодовые значения атмосферного давления на уровне станции, температуры воздуха и суммы осадков.

Полученные данные за 5 лет по метеостанциям были сопоставлены с данными из Научно-прикладного справочника "КЛИМАТ-РОССИИ" [12].

3.1.1. Атмосферное давление

В исследовании рассматривались значения атмосферного давления на уровне моря. Годовой ход атмосферного давления на четырех станциях представлен среднемесячными и среднегодовыми значениями в гПа и показан на сравнительных графиках (таблица 1, рис. 3.1-3.5).

Таблица 1. Средние значения атмосферного давления
на уровне моря (гПа)

СТАНЦИЯ	ПЕРИОД												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	За год
Мурманск	1006,8	1008,3	1005,4	1011,3	1014,6	1009	1012,4	1011,7	1012,9	1012,7	1009,3	1000,4	1009,6
Канин Нос	1007,4	1007,3	1004,8	1011,2	1014,8	1007,9	1012,6	1012	1012,9	1010,7	1010	1001,8	1009,5
Нарьян-Мар	1008,9	1007,6	1002,2	1009,8	1014,1	1006,5	1012,9	1010,7	1010,8	1008,4	1011,3	1000,9	1008,7
Малые Кармакулы	1011,8	1010,1	1007	1011,2	1015,1	1007,8	1011,7	1012,2	1013	1011,2	1013,4	1006	1010,9

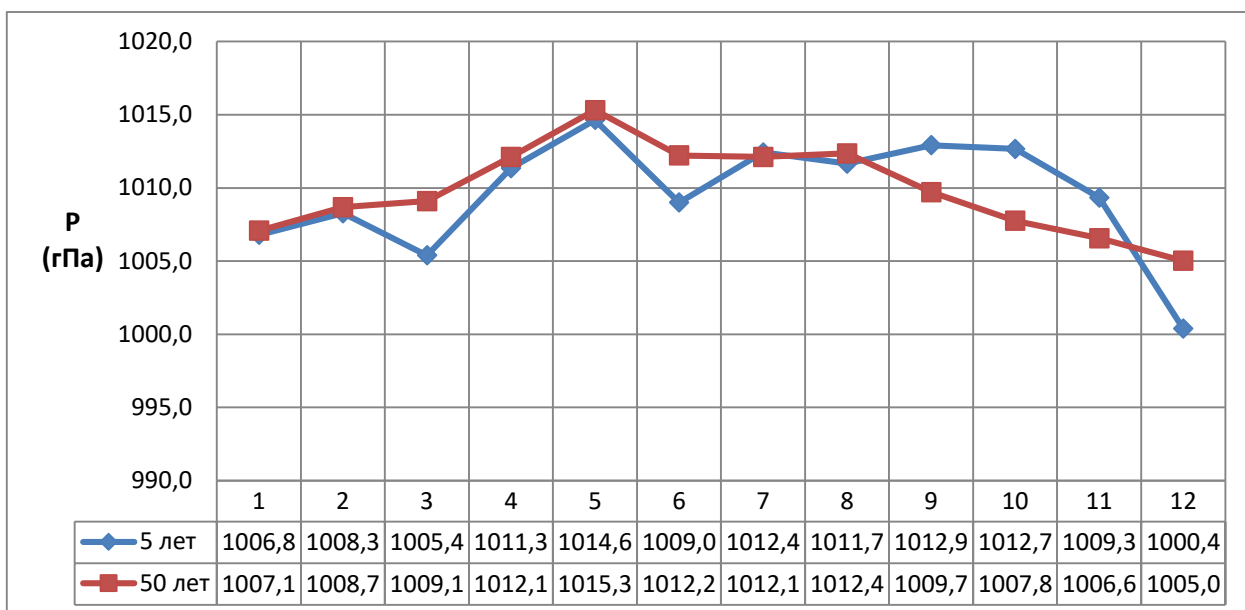


Рисунок 3.1. Годовой ход атмосферного давления на станции Мурманск

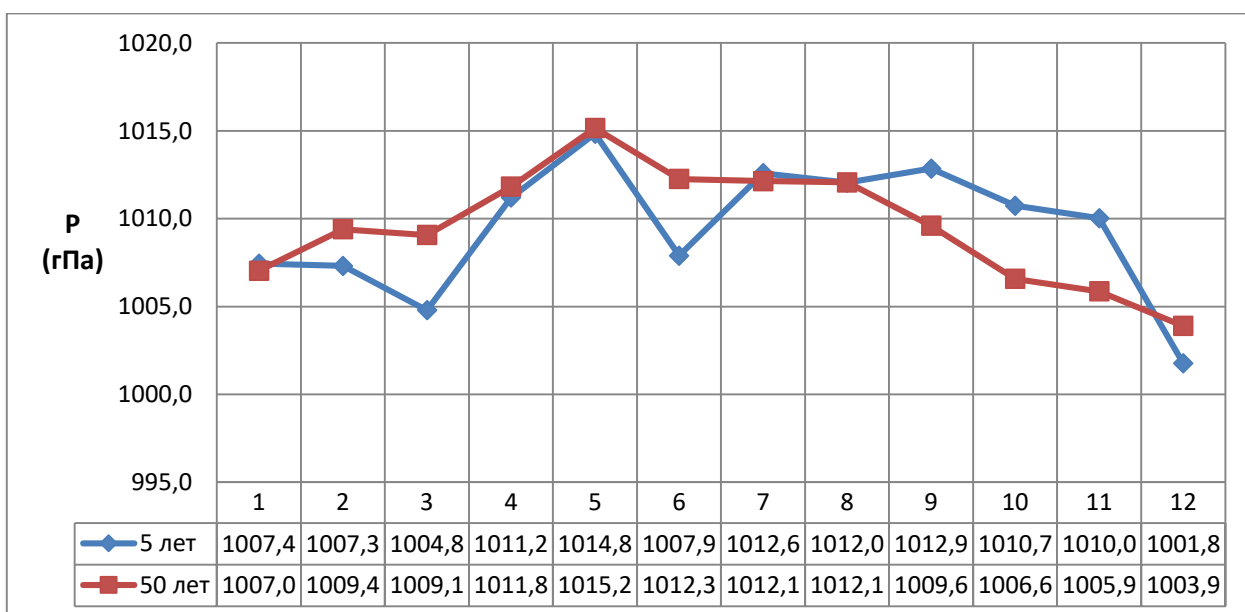


Рисунок 3.2. Годовой ход атмосферного давления на станции Канин Нос

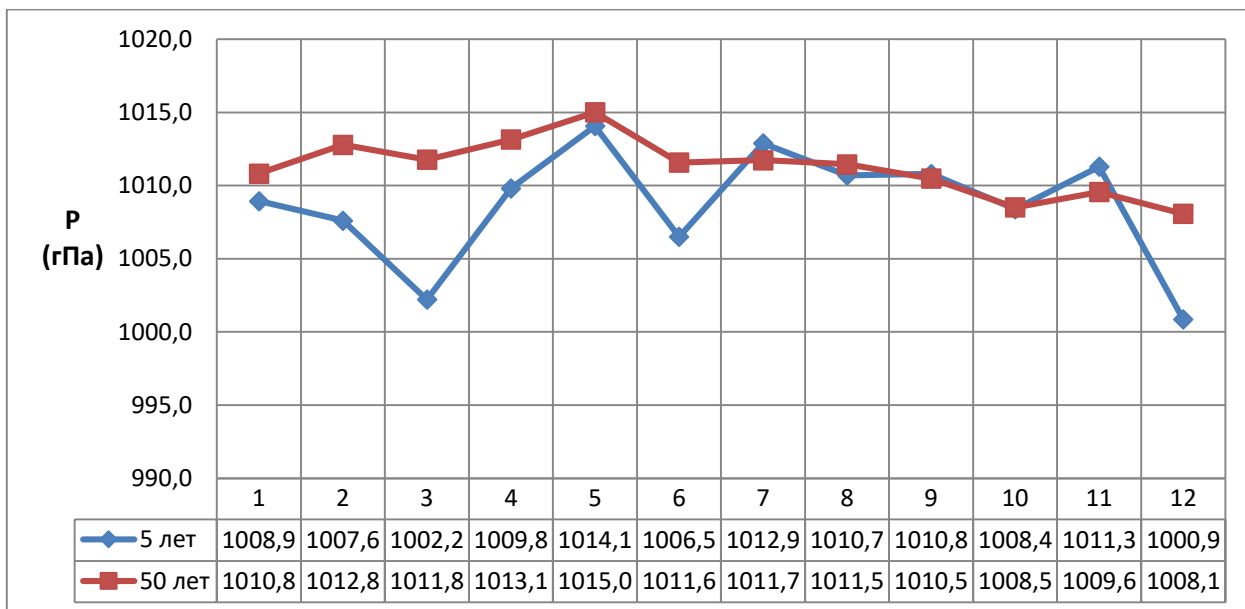


Рисунок 3.3. Годовой ход атмосферного давления на станции Нарьян-Мар

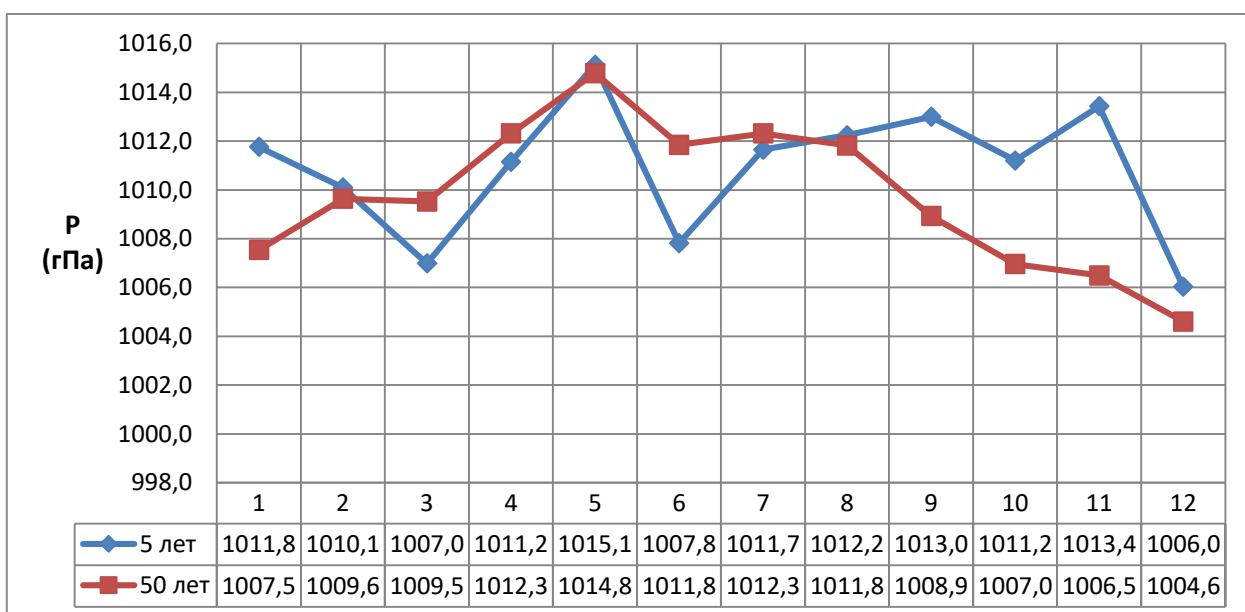


Рисунок 3.4. Годовой ход атмосферного давления на станции Малые Кармакулы

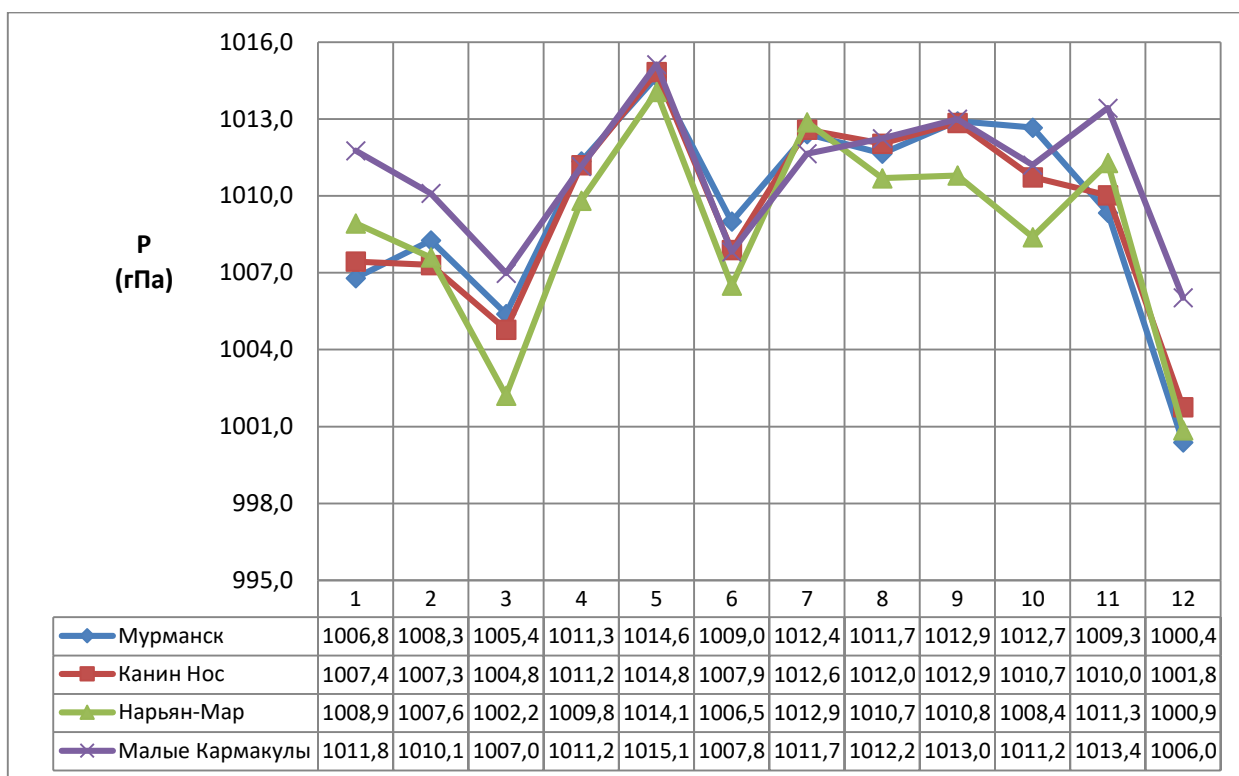


Рисунок 3.5. Годовой ход атмосферного давления на уровне моря

На графиках показано снижение атмосферного давления на всех станциях в марте, июне, октябре (за исключением Мурманск) и декабре, повышение атмосферного давления в мае, июле и ноябре (за исключением Мурманск и Канин Нос), что связано с действием циклонов и антициклонов арктического атмосферного фронта.

На станциях Мурманск и Канин Нос атмосферное давление имеет схожее годовое распределение и в целом ниже по сравнению со станциями Нарьян-Мар и Малые Кармакулы, которые расположены восточнее. С продвижением на восток циклоническое воздействие уменьшается.

Максимальные значения атмосферного давления наблюдается в мае на всех станциях, а минимумы в декабре. В декабре на всех станциях атмосферное давление снижается до минимальных показателей. Среднегодовое значение атмосферного давления на рассматриваемой территории составляет 1009,6 гПа. В течение года атмосферное давление на рассматриваемой территории ниже нормы принятой в 1013,2 гПа и только на станции Малые Кармакулы в мае месяце атмосферное давление близко к норме.

Среднегодовое значение атмосферного давления на станциях составляет:

- Мурманск 1009,6 гПа, по данным справочника 1009,8 гПа;
- Канин Нос 1009,5 гПа, по данным справочника 1009,6 гПа;
- Нарьян-Мар 1008,7 гПа, по данным справочника 1011,2 гПа;
- Малые Кармакулы 1010,9 гПа, по данным справочника 1009,7 гПа.

При сопоставлении данных с климатическим справочником, отмечается снижение среднегодового значения атмосферного давления на станциях Заполярья ЕТР в среднем на 0,5 гПа, а также произошло изменение годового распределения атмосферного давления. В зимний период в годовом ходе среднемесячное давление снизилось на 2-7 гПа, наиболее сильно в марте, на 7 гПа. В период с сентября по ноябрь среднемесячное давление увеличилось на 2-5 гПа. По данным конца 20 века, в регионе исследования годовой ход атмосферного давления имел максимум в мае и минимум в декабре. В начале 21 века наблюдаются максимумы в мае для всех станций, в сентябре для станций Мурманск и Канин Нос, в ноябре для станций Нарьян-Мар и Малые Кармакулы, а также наблюдаются минимумы на всех станциях в декабре, марте и июне.

Перестройка годового хода атмосферного давления на станциях говорит об изменении общей циркуляции атмосферы в регионе исследования.

3.1.2. Температура воздуха

Годовой ход температуры воздуха на четырех станциях представлен среднемесячными и среднегодовыми значениями в °С и показан на сравнительных графиках (таблица 2, рис. 3.6-3.10).

Таблица 2. Средние значения температуры воздуха

СТАНЦИЯ	ПЕРИОД												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	За год
Мурманск	-11,6	-7,7	-4	0,5	6	9,1	13,8	12	8,6	1,7	-3,2	-5,7	1,7
Канин Нос	-8,2	-6,2	-4,9	-2,2	1,7	5,5	10,7	9,7	7,6	3,3	-1,0	-3,0	1,1
Нарьян-Мар	-16,8	-12,0	-8,1	-4,0	2,5	8,9	14,9	11,6	7,2	0,0	-8,1	-10,2	-1,2
Малые Кармакулы	-10,9	-10,2	-9	-6,1	-1,9	3,7	9,5	7,7	5,8	0,9	-4,9	-6,6	-1,8

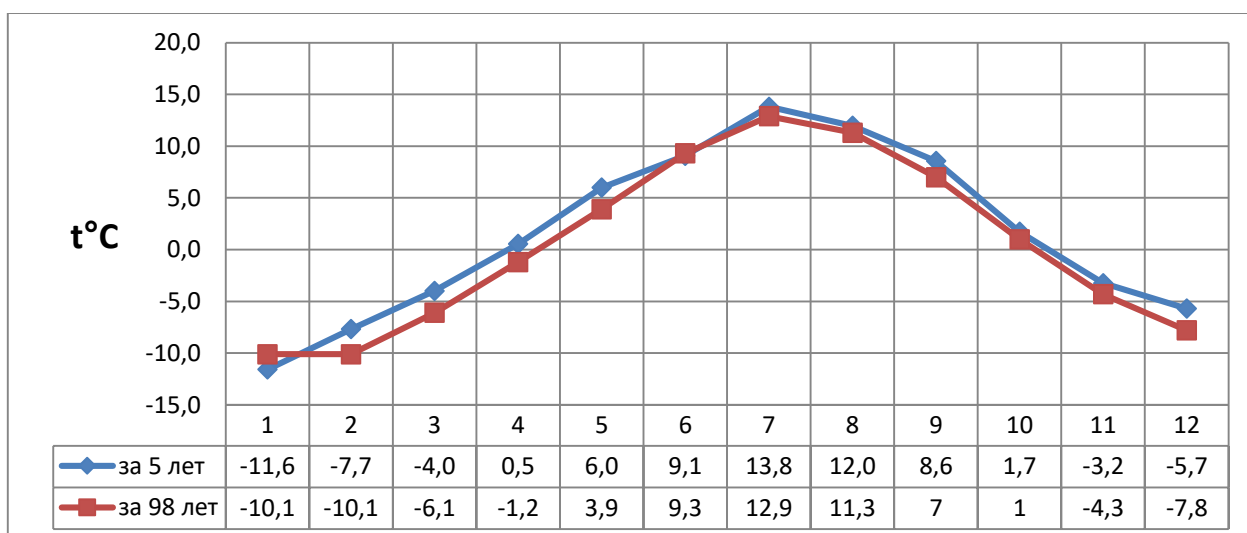


Рисунок 3.6. Годовой ход температуры воздуха на станции Мурманск

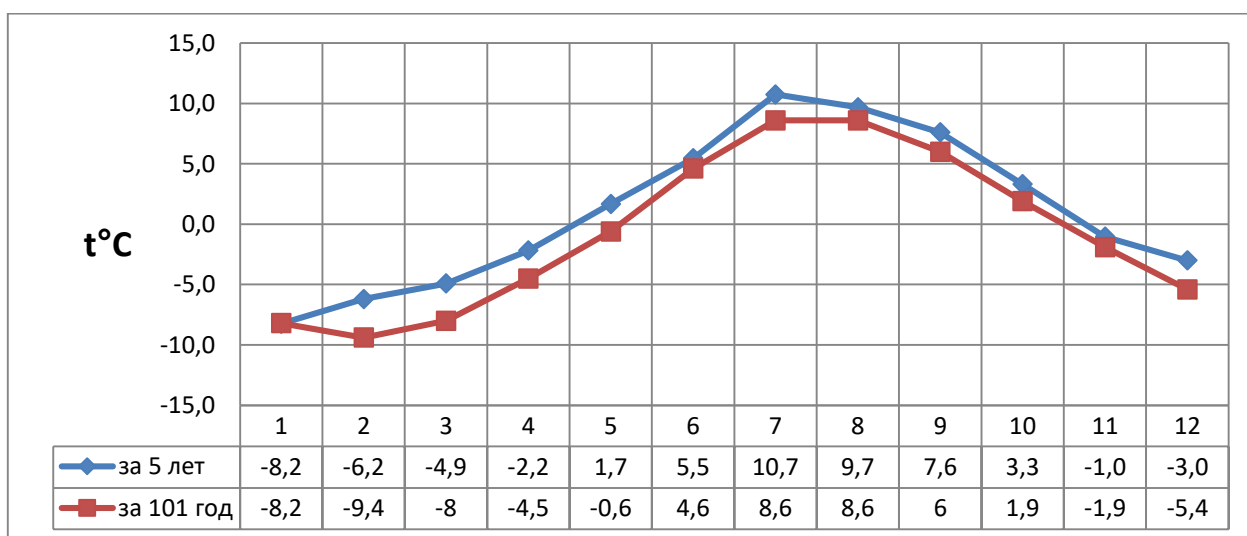


Рисунок 3.7. Годовой ход температуры воздуха на станции Канин Нос

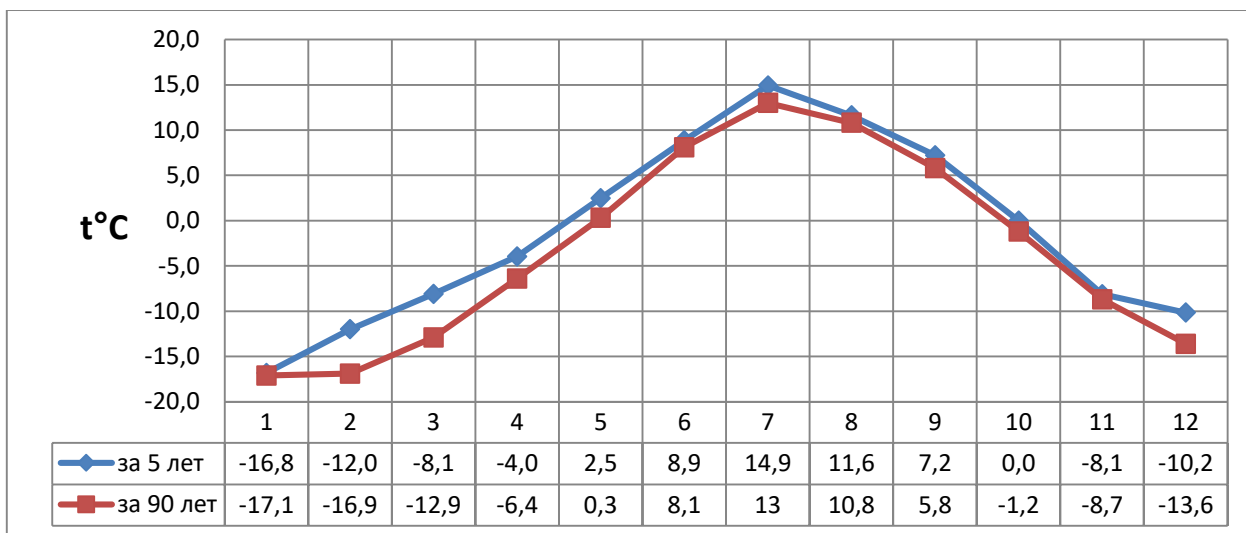


Рисунок 3.8. Годовой ход температуры воздуха на станции Нарьян-Мар

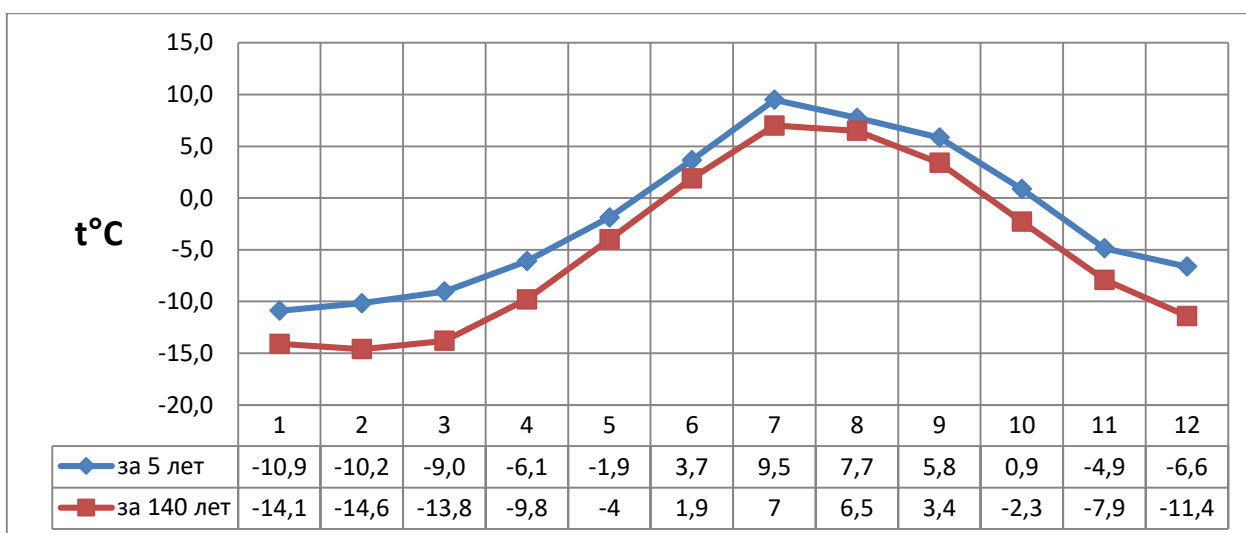


Рисунок 3.9. Годовой ход температуры воздуха на станции Малые Кармакулы

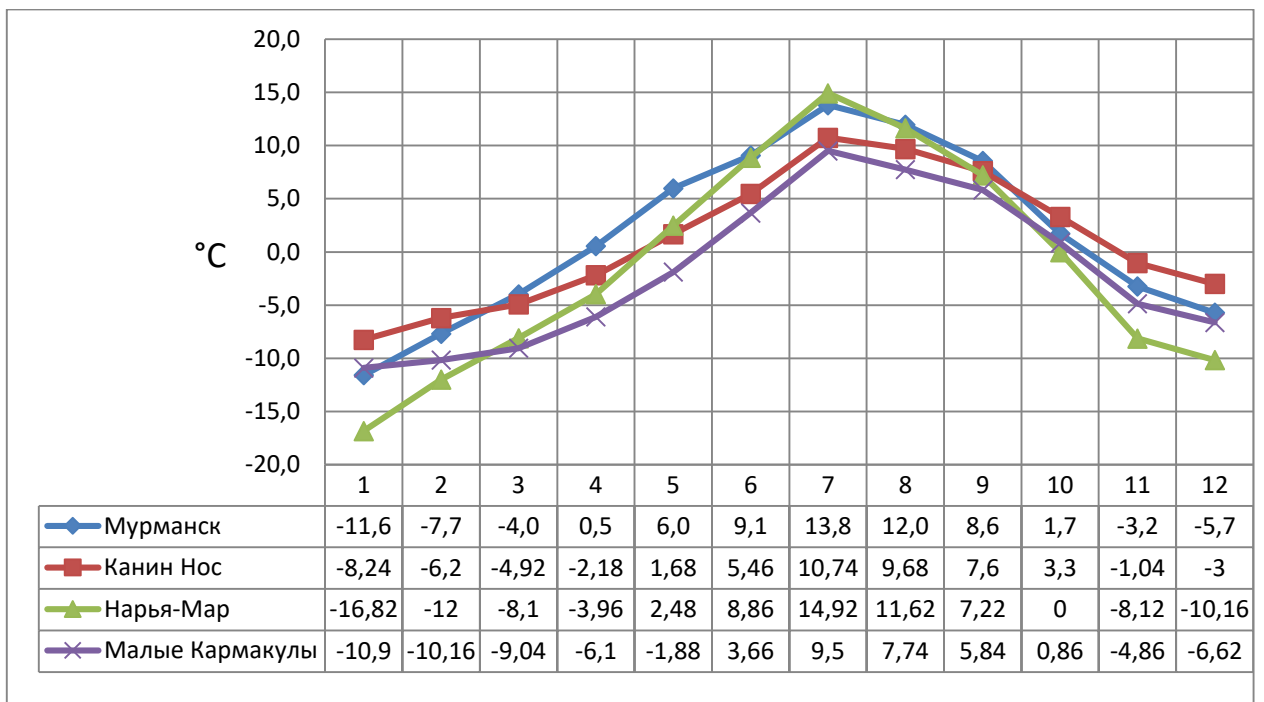


Рисунок 3.10. Годовой ход температуры воздуха на станциях Заполярья ЕТР

Среднегодовая температура воздуха на станциях составляет:

- Мурманск 1,7°C, по данным справочника -0,5°C;
- Канин Нос 1,1°C, по данным справочника -0,7°C;
- Нарьян-Мар -1,2°C, по данным справочника -3,3°C;
- Малые Кармакулы -1,8°C, по данным справочника -4,8°C.

Среднегодовая температура воздуха на рассматриваемой территории от -1,8 °C до 1,7 °C. При сопоставлении данных отмечается рост среднемесячных температур в первой половине года на 3-5 °C, когда отмечалось понижение среднегодовых значений давления и на 1 °C в сентябре-ноябре, когда отмечался рост среднемесячного давления. Самым тёплым в году месяцем остается июль, средняя температура которого составляет 12,8°C, а самым холодным месяцем стал январь, средняя температура которого составляет -11,4 °C. По данным за 20 век самым холодным месяцем был февраль.

На всех станциях по данным за 20 век среднегодовая температура была отрицательная, в начале 21 века на двух станциях (Мурманск и Канин Нос) среднегодовая температура стала положительной.

В целом на рассматриваемой территории температура воздуха увеличилась за последние пять лет наблюдений в среднем на 2,3°C, что можно объяснить действием циклонов и антициклонов и расширением человеческой деятельности в регион исследования.

3.1.2. Осадки

Годовой ход суммы осадков на четырех станциях представлен среднемесячными и среднегодовыми значениями в миллиметрах и показан на сравнительных графиках (таблица 3, рис. 3.11-3.15).

Таблица 3. Средние месячные и годовые значения сумм осадков

СТАНЦИЯ	ПЕРИОД												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	За год
Мурманск	46	33	42	37	43	79	47	72	53	37	35	56	579
Канин Нос	25	28	27	18	24	35	30	48	49	42	44	32	402
Нарьян-Мар	26	25	23	31	33	58	36	73	46	41	49	33	475
Малые Кармакулы	19	20	20	19	21	26	21	34	38	34	22	26	300

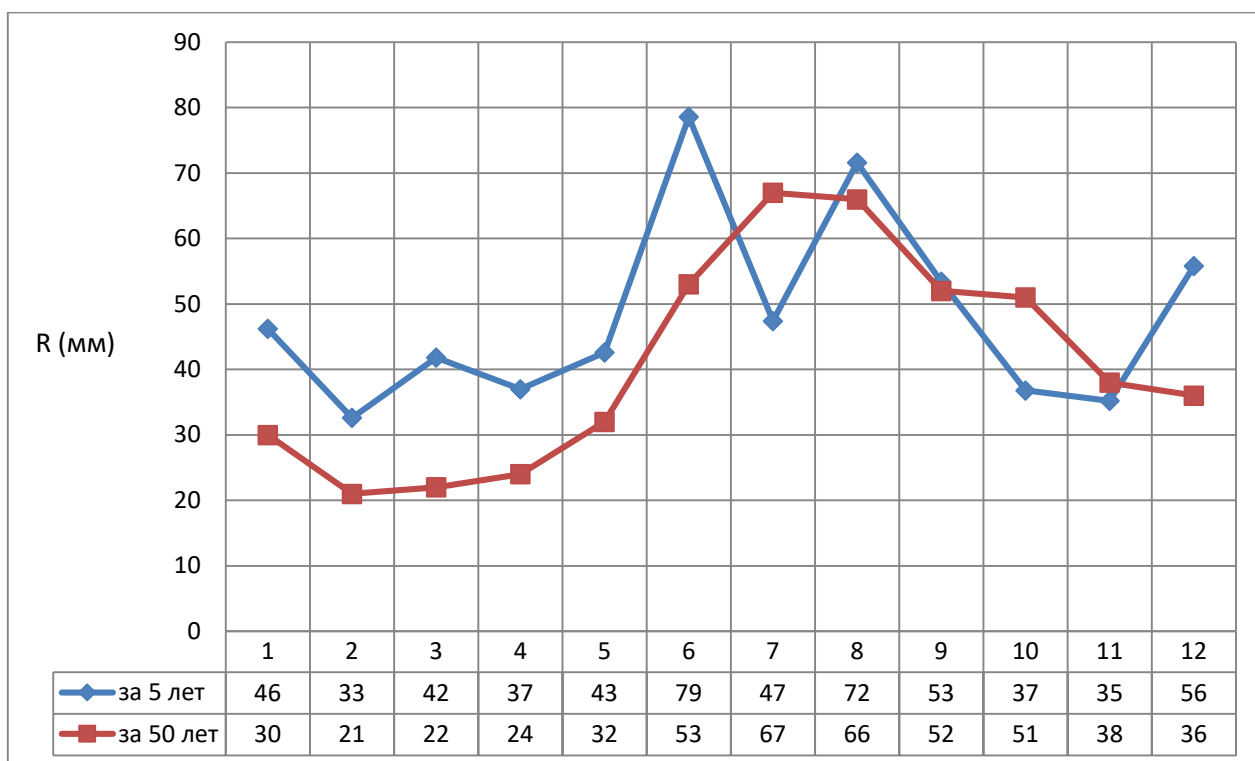


Рисунок 3.11. Годовой ход сумм осадков на станции Мурманск

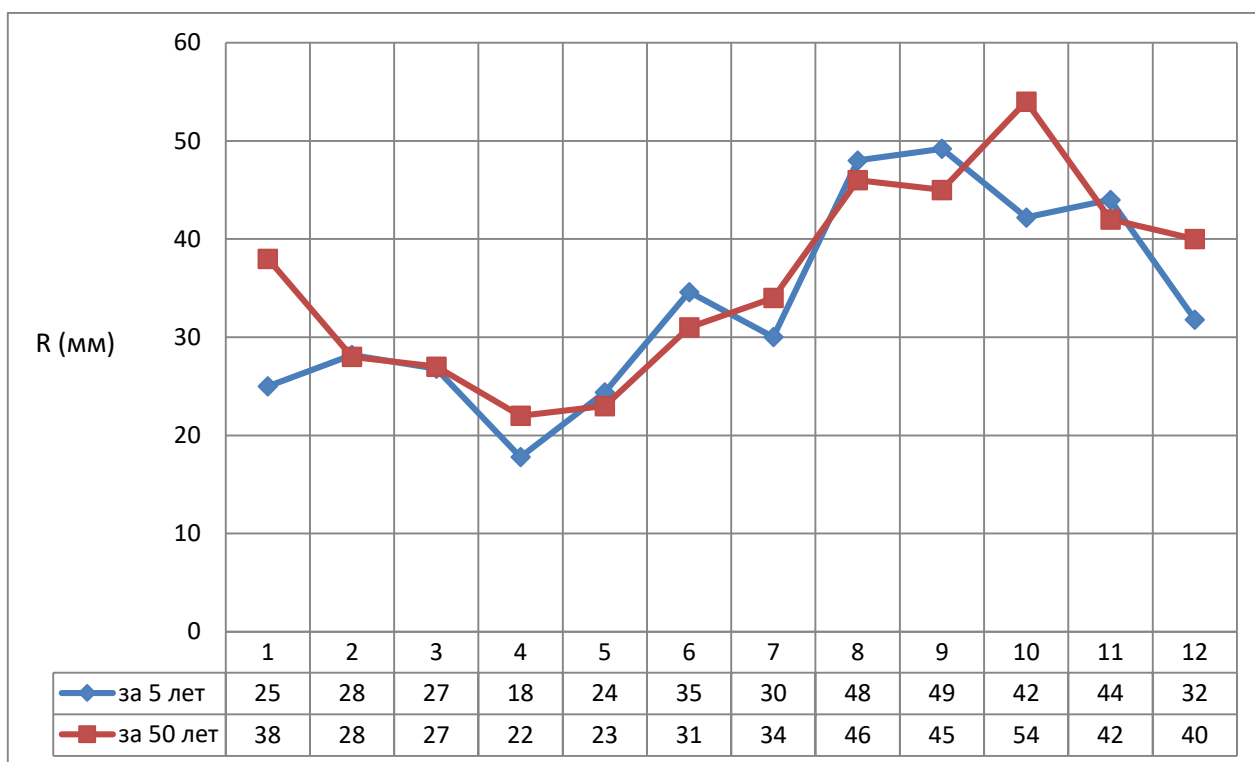


Рисунок 3.12. Годовой ход сумм осадков на станции Канин Нос

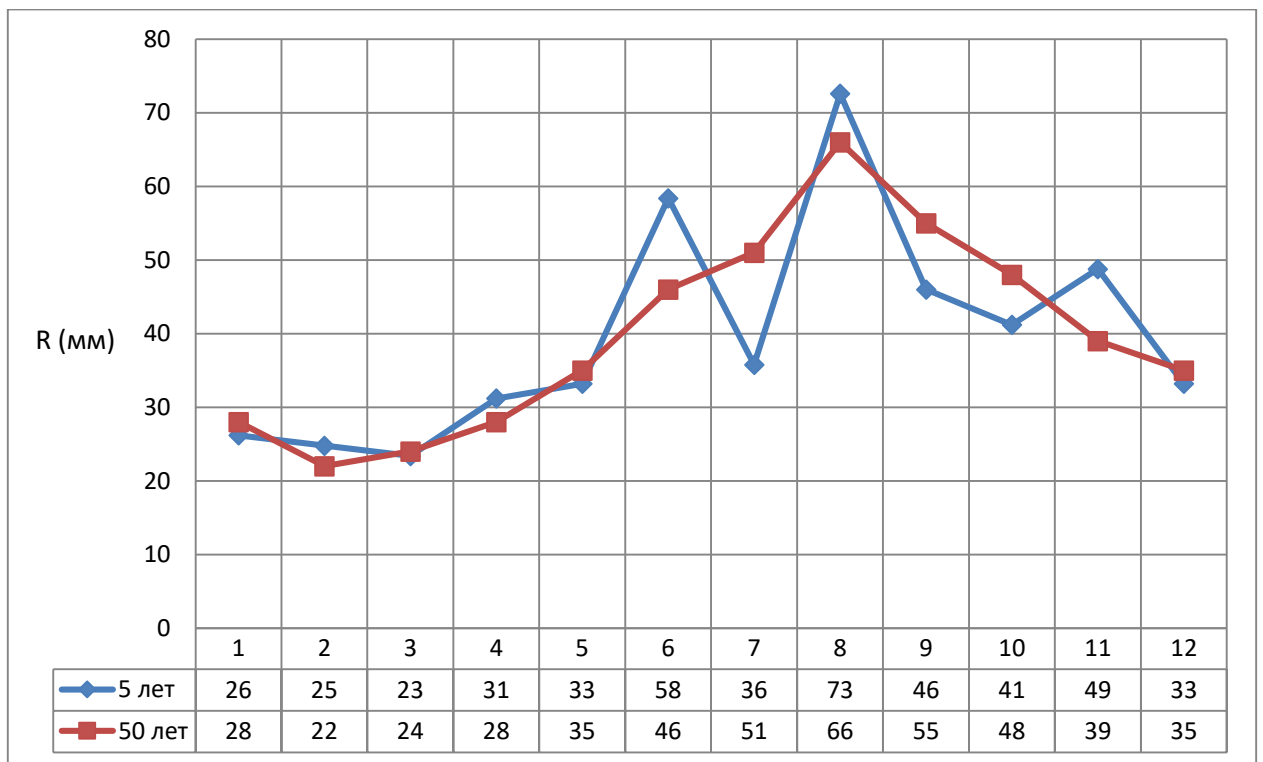


Рисунок 3.13. Годовой ход сумм осадков на станции Нарьян-Мар

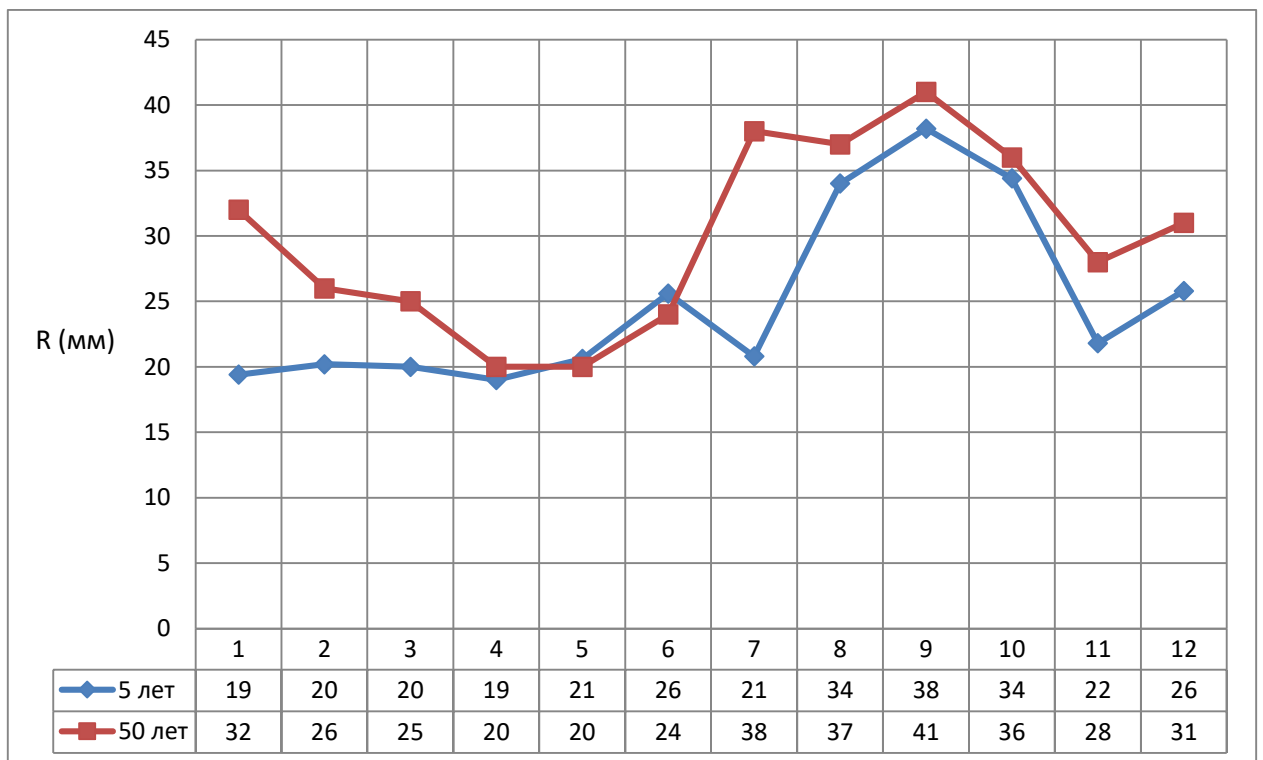


Рисунок 3.14. Годовой ход сумм осадков на станции Малые Кармакулы

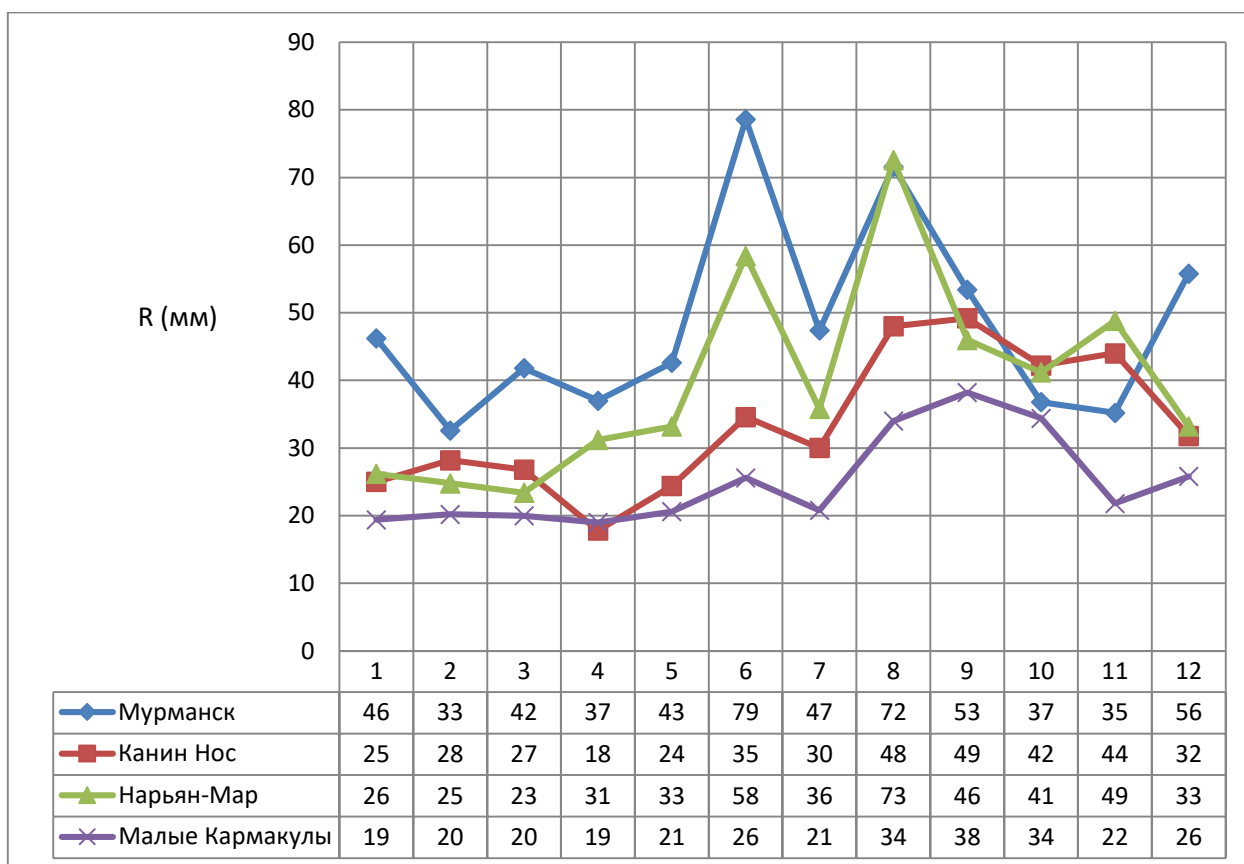


Рисунок 3.15. Годовой ход сумм осадков на станциях Заполярья ЕТР

На континентальных станциях Мурманск и Нарьян-Мар в летний период наблюдалось пониженное давление и увеличение количества осадков, с наибольшими значениями в июне и августе. Кроме того, на станции Мурманск в декабре отмечалось повышение количества осадков при минимальном значении атмосферного давления. В самом теплом месяце июле наблюдалось повышение атмосферного давления и снижение количества осадков на всех станциях.

На островных станциях Канин Нос и Малые Кармакулы минимальное значение количества осадков при повышении атмосферного давления наблюдалось в апреле. С понижением атмосферного давления в июне отмечается рост количества осадков. С августа по октябрь на станции Малые Кармакулы и с августа по ноябрь на станции Канин Нос наблюдается наибольшее количество осадков при равномерном высоком давлении. С октября по апрель снижается количество осадков.

Количество и распределение осадков на рассматриваемой территории определяются, главным образом, особенностями общей циркуляции

атмосферы, в частности, фронтальной деятельностью западных циклонов и взаимодействием их с сушей и океаном.

Среднегодовая сумма осадков на станциях составляет:

- Мурманск 579 мм, по данным справочника 492 мм;
- Канин Нос 402 мм, по данным справочника 430 мм;
- Нарьян-Мар 475 мм, по данным справочника 477 мм;
- Малые Кармакулы 298 мм, по данным справочника 358 мм.

Среднегодовая сумма осадков в районе исследования составляет 438 мм.

При сопоставлении данных с климатическим справочником, наблюдается нелинейное сезонное распределение, а также снижение количества осадков на станциях Канин Нос – на 28мм, Нарьян-Мар – 2 мм, Малые Кармакулы – 58 мм, и увеличение их в Мурманске на 90 мм.

3.2. Особенности режима метеорологических явлений

Годовой ход явлений в регионе исследования представлен числом случаев за месяц и год, а также в процентном соотношении от общего количества наблюдаемых за 2019 год видов явлений (табл. 4-7, рис. 3.16).

Таблица 4. Число случаев явлений на ст. Мурманск

Явления	Месяц												Год	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Гроза						2		2	1				5	0,4
Морось				1		1	9	1	3				15	1,1
Дымка	28	12					4	7	1	10	28	1	91	6,9
Поземок	13	26	31	1							8	20	99	7,5
Снег	20	23	30	2						13	17	36	141	10,7
Дождь	5	6		4	5	9	23	9	20	11			92	7,0
Метель	2	5	1								2	10	20	1,5
Изморозь	36	24	3							4	30	5	102	7,7
Туман	3	4						1	1		2	2	13	1,0
Ливневый Снег	63	68	41	24	34	2				48	44	70	394	29,8
Ливневый Дождь		3	1	14	44	62	58	72	65	28	2		349	26,4
Число сроков с явлениями	170	171	107	46	83	76	94	92	91	114	133	144	1321	46
Число сроков с ясной погодой	70	46	133	188	157	163	153	156	149	134	107	104	1560	54

На станции Мурманск в 2019 году больше всего наблюдались ливневой снег (29,8%) и ливневой дождь (26,4%). Меньше всего наблюдались гроза (0,4 %) и туман (1,0 %). Первая в 2019 году гроза на станции Мурманск была 08 июня в 00:00, а последняя – 06 сентября в 12:00, всего их было 5. Ясная погода составляет 54% по общему количеству сроков наблюдений.

Таблица 5. Число случаев явлений на ст. Нарьян-Мар

Явления	Месяц												Год	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Гроза						2		1	2				5	0,4
Морось		1		4		5	6	19	3	4	5	8	55	4,5
Дымка	6			5	8		2	2	7	6	2	12	50	4,1
Поземок	11	28	17	23							10	12	101	8,3
Снег	58	60	21	10	1					16	47	52	265	21,8
Дождь				3	20	12	3	1	11	3	4		57	4,7
Метель													0	0,0
Изморозь	22										9	17	48	4,0
Туман	7			4	2	3	1	2	7	7	7	9	49	4,0
Ливневый Снег	36	46	69	58	23	4				19	56	56	367	30,3
Ливневый Дождь		1	1	1	15	63	41	32	42	18	2		216	17,8
Число сроков с явлениями	140	136	108	108	69	89	53	57	72	73	142	166	1213	43
Число сроков с ясной погодой	88	63	131	125	166	150	195	185	163	170	92	78	1606	57

На станции Нарьян-Мар в 2019 году больше всего наблюдались ливневой снег (30,3%) и снег (21,8%). Меньше всего наблюдались гроза (0,4 %), туман (4,0 %), изморозь (4,0 %) и дымка (4,1 %). Первая в 2019 году гроза на станции Нарьян-Мар наблюдалась 09 июня в 03:00, а последняя в году гроза 12 сентября в 18:00, всего их было 5. Среди явлений не наблюдалась только метель. Ясная погода составляет 57% по общему количеству сроков наблюдений.

Таблица 6. Число случаев явлений на ст. Канин Нос

Явления	Месяц												Год	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Гроза						1							1	0,1
Морось				2	1	3	4	12	1		1		24	2,1
Дымка	2	10	4	29	15	14	2	16	23		1		116	10,1
Поземок	50	66	65	10	6						31	73	301	26,2

Снег	6	15	9	6	1					20	23	26	106	9,2
Дождь				1	10	1	14	7	14	19	5		71	6,2
Метель	36	46	15		6						3	4	110	9,6
Изморозь													0	0,0
Туман	7	3	5	8	1	16	38	45	22		7	5	157	13,7
Ливневый Снег	25	15	37	11	7	2			2	12	13	4	128	11,1
Ливневый Дождь				1	13	32	21	13	40	12	4		136	11,8
Число сроков с явлениями	126	155	135	68	60	69	79	93	102	63	88	112	1150	40
Число сроков с ясной погодой	120	69	111	171	173	171	169	155	137	185	152	135	1748	60

На станции Канин Нос в 2019 году больше всего наблюдались позёмки (26,2%) и туман (13,7%). Меньше всего наблюдались морось (2,1 %), и дождь (6,2 %). Единственная в 2019 году гроза на станции Канин Нос наблюдалась 08 июня в 21:00. Среди явлений не наблюдалась только изморозь. Ясная погода составляет 60% по общему количеству сроков наблюдений.

Таблица 7. Число случаев явлений на ст. Малые Кармакулы

Явления	Месяц												Год	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Гроза													0	0,0
Морось						8	10	2	6		3		29	2,3
Дымка		1	3	13	3	28	22	26	31	2	10	3	142	11,2
Поземок	51	53	71	35	26	1				3	35	66	341	26,8
Снег		20	11	36	18	7					6	18	116	9,1
Дождь				1	1	7	7	9	12				37	2,9
Метель	25	15	22	2	24						21	24	133	10,4
Изморозь													0	0,0
Туман						3	3	5	4		1		16	1,3
Ливневый Снег	32	45	29	45	25	39			4	53	44	61	377	29,6
Ливневый Дождь						12	15	24	24	7			82	6,4
Число сроков с явлениями	108	134	136	132	97	105	57	66	81	65	120	172	1273	44

Число сроков с ясной погодой	13 2	68	10 6	10 8	15 1	13 5	18 8	18 2	15 9	18 2	11 4	69	159 4	56
---------------------------------	---------	----	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	----	----------	----

На станции Малые Кармакулы в 2019 году больше всего наблюдались ливневый снег (29,6%) и поземок (26,8%). Меньше всего наблюдались туман (1,3 %), морось (2,3 %) и дождь (2,9 %). Среди явлений не наблюдались только изморозь и гроза. Ясная погода составляет 56% по общему количеству сроков наблюдений.

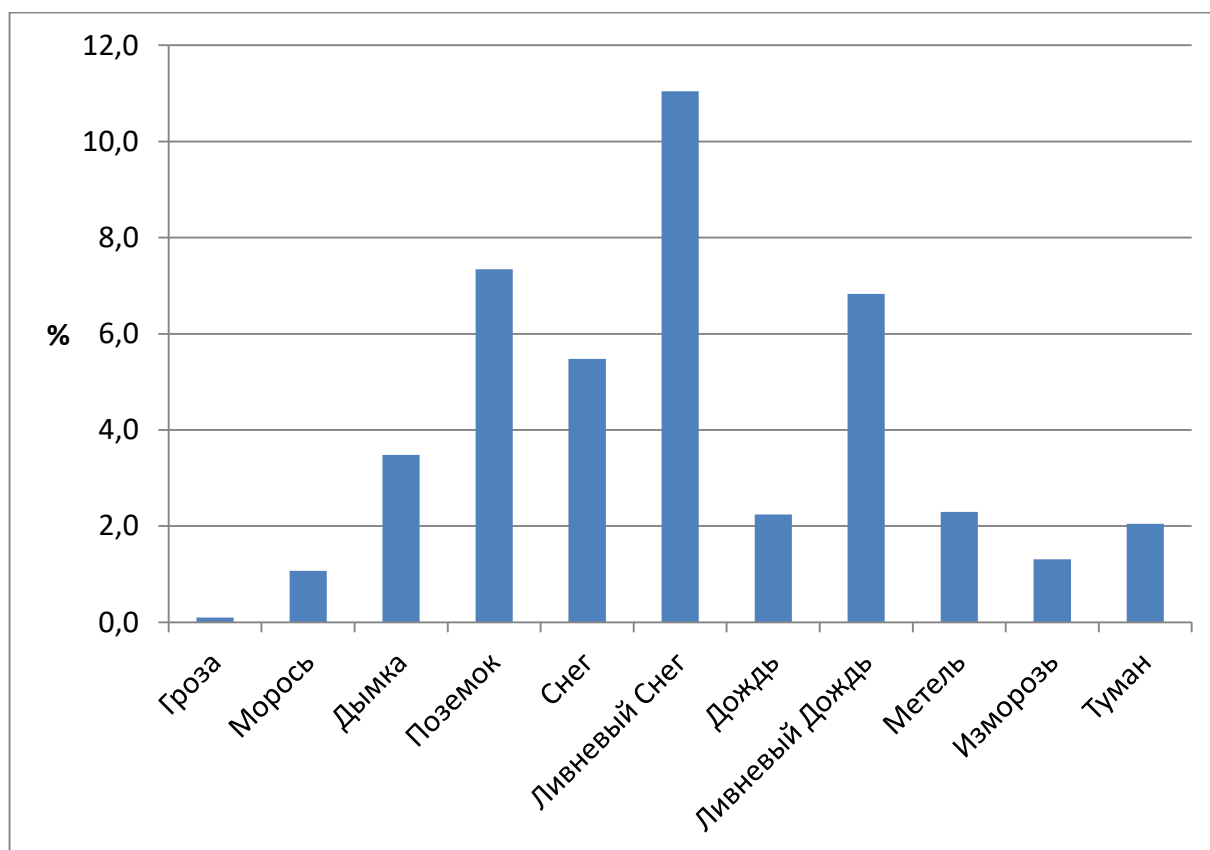


Рисунок 3.16 Повторяемость явлений на станциях Заполярья ЕТР

В целом на станциях Заполярья ЕТР в 2019 году среди видов явлений преобладают ливневый снег, ливневый дождь и позёмок, меньше всего мороси и гроз. Тем не менее, число сроков с явлениями меньше числа сроков с ясной погодой.

3.3. Тенденции изменения метеорологических параметров и явлений на станции Мурманск

С целью более детального исследования изменения метеорологических параметров была выбрана метеостанция Мурманск (индекс 22113), находящаяся в координатах: 68°58' с.ш. 33°05' в.д., на высоте 51 м над уровнем моря, в 50 км от Баренцева моря.

Метеостанция Мурманск с экономической точки зрения представляет большой интерес, поскольку расположена на территории города Мурманск, который считается крупнейшим в мире городом за полярным кругом, с населением порядка 290 тысяч человек. Город Мурманск является крупнейшим незамерзающим морским портом, имеет собственный аэропорт. Поэтому метеорологические данные этой станции имеют стратегический интерес для широкого круга потребителей.

Из четырех станций представленных в данной работе, станция Мурманск расположена на западе, где воздействие АФ (арктического атмосферного фронта) более ощутимо.

Для изучения состояния атмосферы в Мурманском регионе были выбраны следующие метеорологические характеристики: среднемесячные и среднегодовые значения атмосферного давления на уровне станции, температуры воздуха и суммы осадков.

Полученные данные за 5 лет по метеостанции были сопоставлены с данными из Научно-прикладного справочника по климату СССР, выпуск №2, (таблица 8-10, рис. 3.17-3.19) [15].

3.3.1 Тенденции изменения давления

Таблица 8. Атмосферное давление на уровне станции Мурманск (гПа)

Периоды							Данные справочника
Месяц	2015	2016	2017	2018	2019	Средне- месячное значение за 5 лет	Средне- месячное значение за 62 года (1918-1980г.г.)
1	997,8	1005,9	996,3	1004,7	995,9	1000,1	1003,2
2	994	992,6	1004	1018,7	999,1	1001,7	1004
3	1003,7	1002,6	995,1	1002,8	990,4	998,9	1004
4	999,1	1006	1003,6	1000,3	1015,7	1004,9	1006,1
5	1001,8	1010,8	1008,6	1013,7	1006,8	1008,3	1010,3
6	999,2	1006,2	1001,8	1000,8	1006	1002,8	1006,7
7	1004,3	1003	1004,5	1012,1	1007,6	1006,3	1006,9
8	1011,2	1004,9	1002,8	1002,1	1006,5	1005,5	1006,9
9	1009	1006,9	1016,3	999,8	1001,4	1006,7	1003,6
10	1006,6	1020	1003,4	999,9	1001,5	1006,3	1002,7
11	994,4	1007,4	997,4	1008,1	1007	1002,9	1002,6
12	992,8	988,8	993	1004,2	990,7	993,9	1001,9
Средне- годовое значение	1001,2	1004,6	1002,2	1005,6	1002,4	1003,2	1004,9

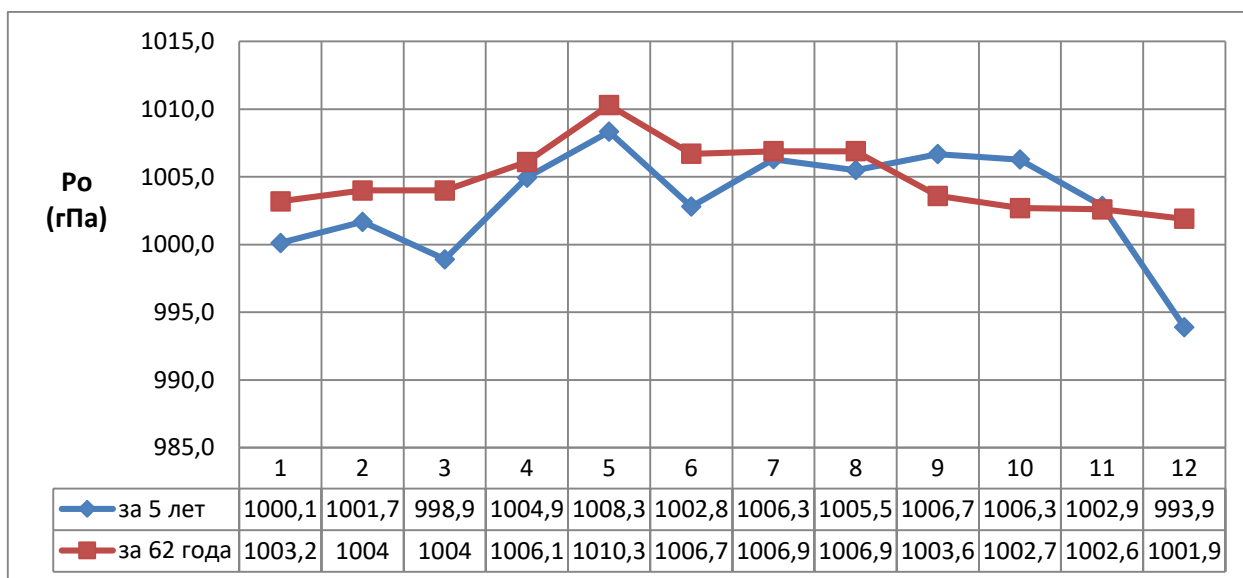


Рисунок 3.17 Годовой ход атмосферного давления на станции Мурманск

График годового хода атмосферного давления на станции Мурманск за последние 5 лет имеет отличия в сравнении с данными середины 20-го

столетия. С декабря по август наблюдается понижение атмосферного давления, и повышение его в сентябре и октябре. Под воздействием циклонической активности в марте, июне и декабре наблюдаются снижения атмосферного давления. Под воздействием антициклонов в мае, июле, сентябре и октябре наблюдаются повышение атмосферного давления.

По данным исследования, минимальное значение атмосферного давления на станции Мурманск зафиксировано 06.12.2015 года и составило 957,3 гПа, а максимальное 27.02.2018 года – 1046,0 гПа.

В целом, на станции Мурманск ежегодно наибольшее значение атмосферного давления наблюдается в мае, а минимальное – в декабре. В сравнении с данными справочника по климату СССР отмечается снижение среднегодового значения атмосферного давления на станции Мурманск на 1,7 гПа.

3.3.2. Тенденции изменения температуры воздуха

Таблица 9. Температура воздуха на станции Мурманск (t°С)

Данные метеостанции Мурманск							Данные справочника
Месяц/ Год	2015	2016	2017	2018	2019	Средне- месячное значение за 5 лет	Средне- месячное значение за 45 лет (1918-1980г.г.)
1	-11,8	-16,5	-7,9	-9,4	-12,2	-11,6	-10,5
2	-5,7	-4,9	-7,6	-10,6	-9,5	-7,7	-10,8
3	-0,9	-2,4	-3,5	-8	-5,1	-4,0	-6,9
4	0,9	1,8	-2	0,2	1,9	0,5	-1,6
5	6,9	8,9	2	7,6	4,6	6,0	3,4
6	9,8	10,5	6,8	9,6	8,6	9,1	9,3
7	9,9	16,1	14,2	18,1	10,7	13,8	12,6
8	12,5	12,5	11,3	12,9	10,7	12,0	11,3
9	9,6	8,6	7,4	9	8,3	8,6	6,6
10	2,6	3,5	1,9	1,4	-0,9	1,7	0,7
11	-2,1	-3,8	-3,7	-0,1	-6,4	-3,2	-4,2
12	-5,8	-4,9	-8	-5,4	-4,5	-5,7	-7,8
Средне- годовое значение	2,2	2,5	1,0	2,2	0,6	1,7	0,2

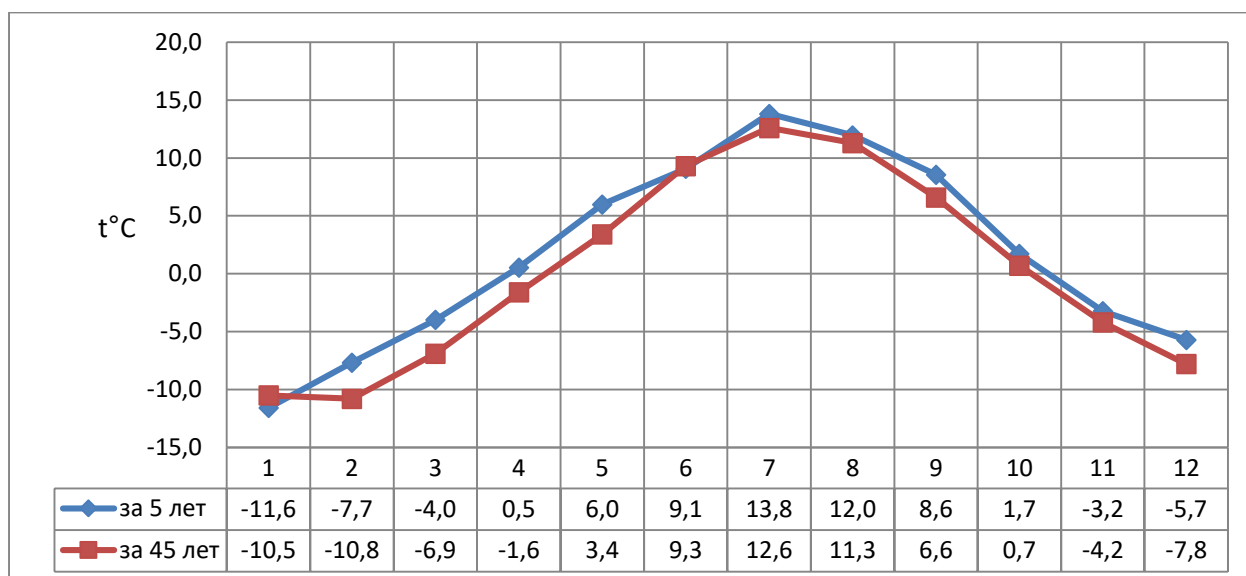


Рисунок 3.18 Годовой ход температуры на станции Мурманск

Циклоническая активность с февраля по апрель привело к повышению температуры воздуха с февраля по май, в сравнении с данными климатического справочника середины 20 века. Повышение атмосферного давления в сентябре и ноябре привело к повышению температуры воздуха.

Сезонное распределение температуры воздуха на станции Мурманск в целом не изменился. Самым холодным месяцем остаётся январь, самым теплым – июль. Температура выше 0°C наблюдается ежегодно с середины апреля до середины октября.

Средняя годовая температура воздуха на станции Мурманск, по данным исследования за 5 лет наблюдений, увеличилась на $1,5^{\circ}\text{C}$ в сравнении с данными середины 20 века. Величина амплитуды между средней месячной температурой самого холодного и самого теплого месяца составляет $23,4^{\circ}\text{C}$ (за 45 лет наблюдений) и $25,3^{\circ}\text{C}$ (за 5 лет наблюдений).

3.3.3. Тенденции изменения годовых сумм осадков

Таблица 10. Месячное и годовое количество осадков (мм)
на станции Мурманск

Данные метеостанции Мурманск							Данные справочника
Месяц / Год	2015	2016	2017	2018	2019	Средне-месячное значение за 5 лет	Средне-месячное значение за 44 года (1936-1980 г.г.)
1	43	47	49	33	59	46	32
2	12	45	31	22	53	33	26
3	30	43	36	50	50	42	27
4	36	33	30	21	65	37	23
5	53	35	34	52	39	43	34
6	82	82	65	79	85	79	48
7	33	80	40	24	60	47	57
8	76	80	87	71	44	72	63
9	40	59	55	44	69	53	53
10	34	11	37	41	61	37	44
11	22	31	43	51	29	35	42
12	47	113	33	16	70	56	39
Сумма осадков за период	508	659	540	504	684	-	-
Среднегодовое значение:						579	488

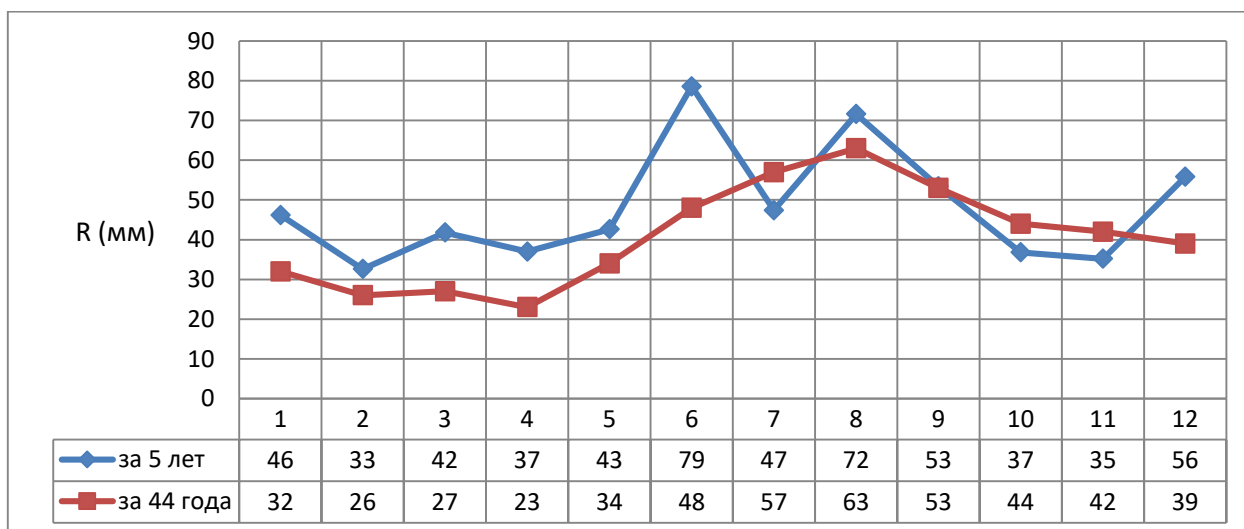


Рисунок 3.19 Годовой ход суммы осадков на станции Мурманск

Увеличение количества осадков отмечается с декабря по июнь, с максимальными значениями в июне, когда поле давления снижается. В самом теплом месяце июле наблюдался спад количества осадков при равномерном высоком давлении. С августа по ноябрь наблюдалось снижение количества осадков, а в декабре количество выпавших осадков увеличилось, и в декабре наблюдается значительное снижение атмосферного давления, а также в 2016 году наблюдался максимум осадков за 5 лет.

Среднегодовое количество осадков на станции Мурманск за последние 5 лет наблюдений составило 579 мм, по данным середины 20 столетия составило 488 мм. Величина амплитуды между среднемесячной суммы осадков составило 46 мм и 40 мм по данным климатического справочника СССР.

3.3.4. Особенности режима метеорологических явлений на станции

Мурманск

Годовой ход повторяемости явлений в регионе исследования представлен числом случаев за месяц и год. Данные за 5 лет наблюдений по таким явлениям, как гроза, туман и метель были сопоставлены с данными Научно-прикладного справочника по климату СССР 1988 года (табл. 11-21, рис. 3.20-3.34).

Таблица 11. Число случаев гроз в Мурманске за период 2015-2019г.г.

Число случаев гроз	Месяц												За год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2015	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2016	0	0	0	0	2	2	0	5	0	0	0	0	9
2017	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	4
2018	0	0	0	0	1	0	4	2	0	0	0	0	7
2019	0	0	0	0	0	2	0	2	1	0	0	0	5
За 5 лет	0	0	0	0	3	5	7	10	1	0	0	0	26

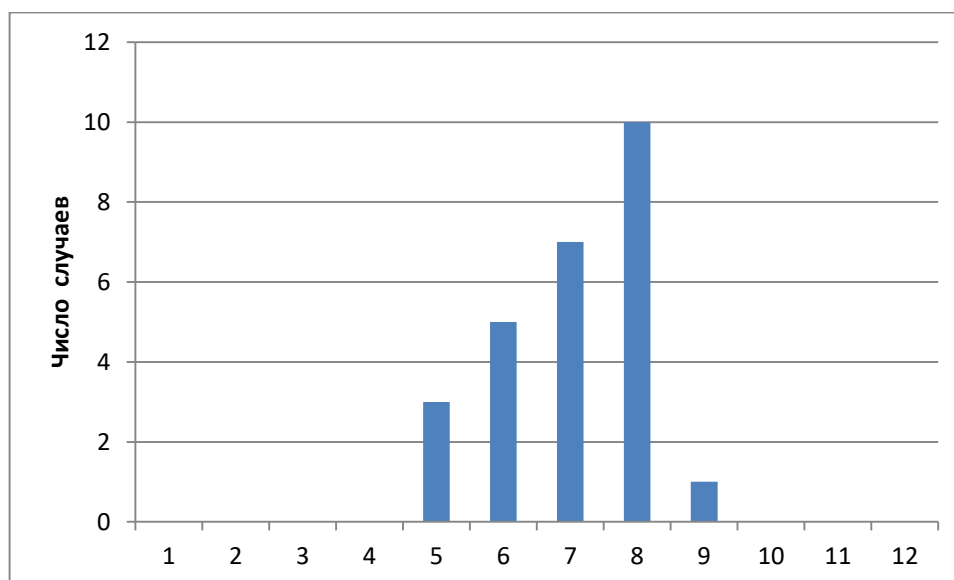


Рисунок 3.20 Годовой ход гроз на станции Мурманск

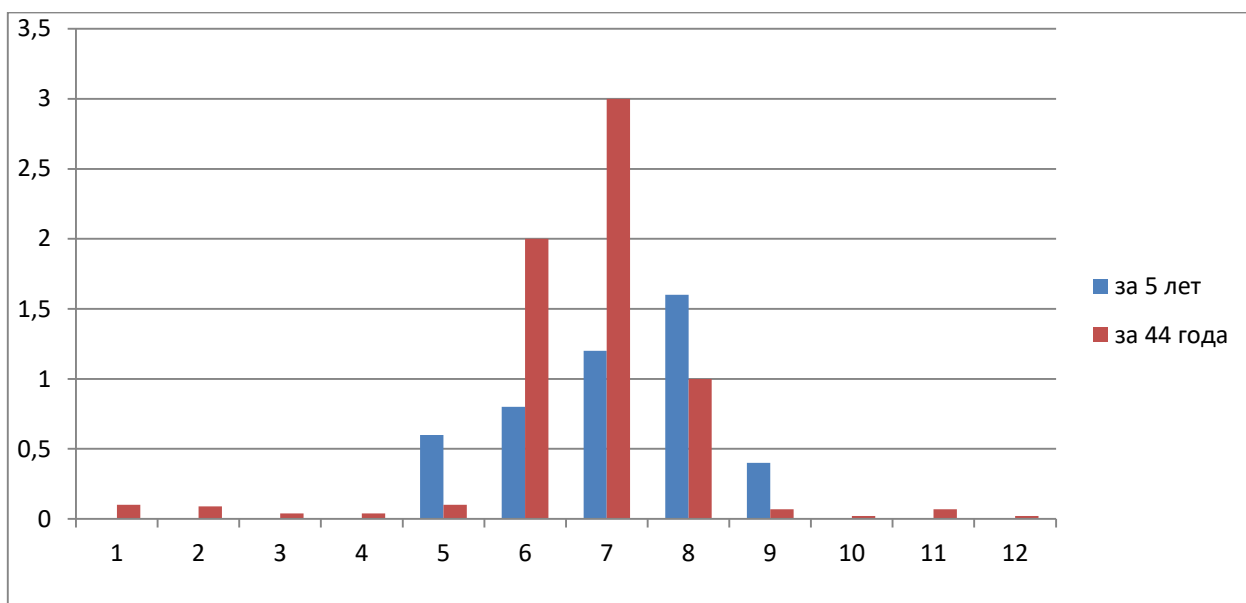


Рисунок 3.21 Среднее число дней с грозой на станции Мурманск за разные периоды наблюдений

Среднегодовое количество дней с грозой составило 4,6. По данным Научно-прикладного справочника по климату СССР (1936-1980 г.г. наблюдений) среднегодовое количество дней с грозой составило 7.

За последние пять лет гроз в холодный период с октября по апрель не наблюдается. Чаше грозы наблюдаются в мае, августе и сентябре, меньше в июне и июле.

Таблица 12. Число случаев тумана в Мурманске за период 2015-2019г.г.

Число случаев тумана	Месяц												За год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2015	7	0	0	0	0	0	0	2	6	1	3	4	23
2016	8	4	0	3	4	0	0	1	2	2	3	1	28
2017	0	0	0	0	0	0	1	2	6	11	9	1	30
2018	6	2	0	1	3	0	0	2	1	0	2	0	17
2019	3	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	9
За 5 лет	24	8	0	4	7	0	1	8	16	14	17	8	107

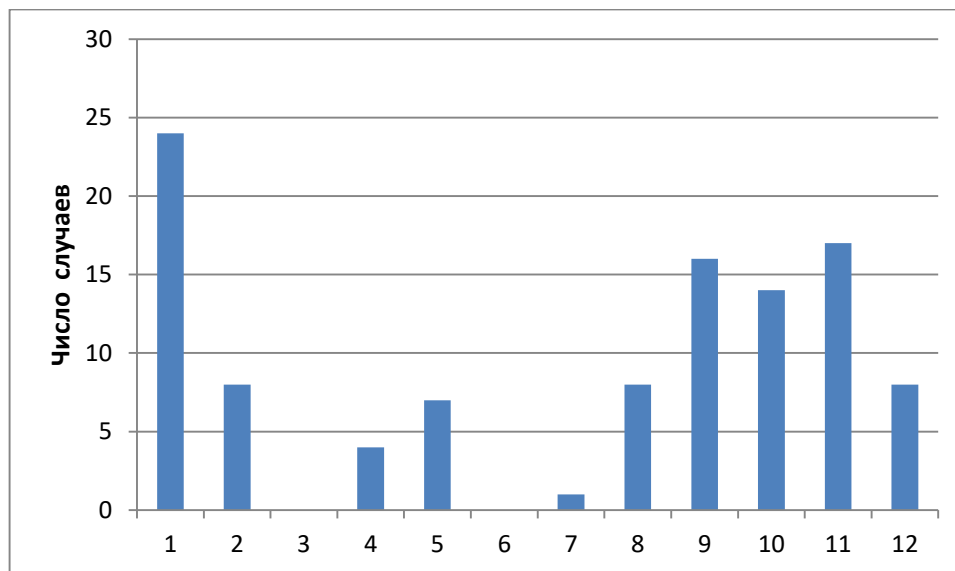


Рисунок 3.22 Годовой ход туманов на станции Мурманск

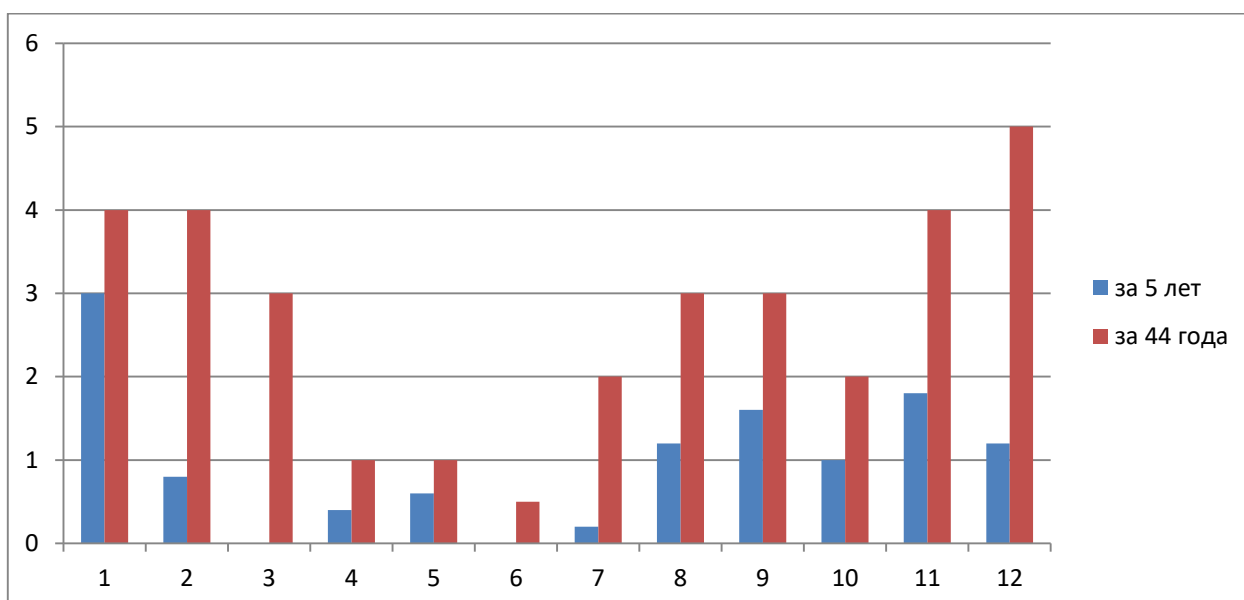


Рисунок 3.23 Среднее число дней с туманом на станции Мурманск за разные периоды наблюдений

Среднегодовое количество дней с туманом составило 11,8. По данным Научно-прикладного справочника по климату СССР (1936-1980 г.г. наблюдений) среднегодовое количество дней с туманом составило 33.

Туманов стало меньше в сезонном распределении. За последние пять лет, чаще всего туманы наблюдаются с августа по январь, меньше всего с февраля по июль.

Таблица 13. Число случаев метели в Мурманске за период 2015-2019г.г.

Число случаев метели	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019	2	5	1	0	0	0	0	0	0	0	2	10	20
За 5 лет	11	5	2	0	0	0	0	0	0	0	2	10	30

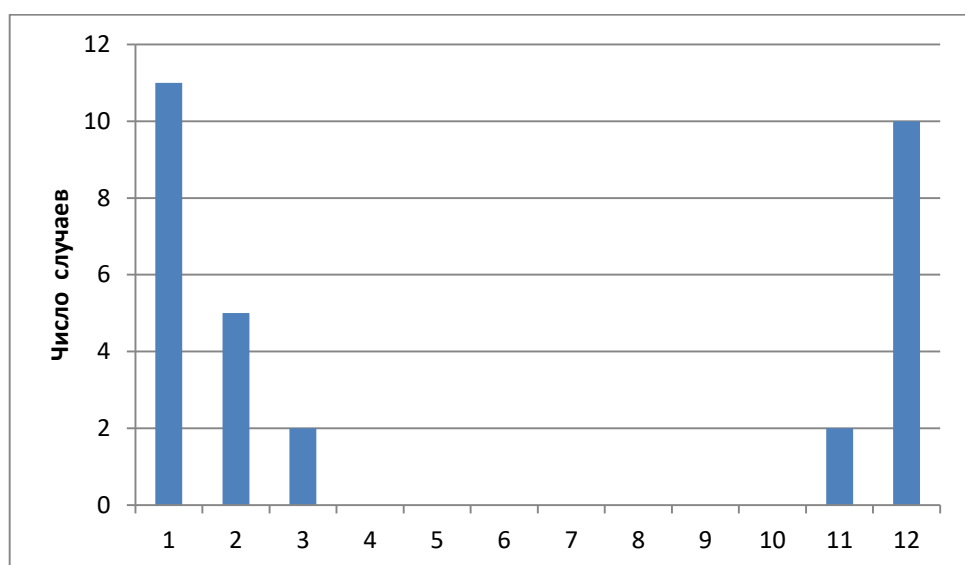


Рисунок 3.24 Годовой ход метелей на станции Мурманск

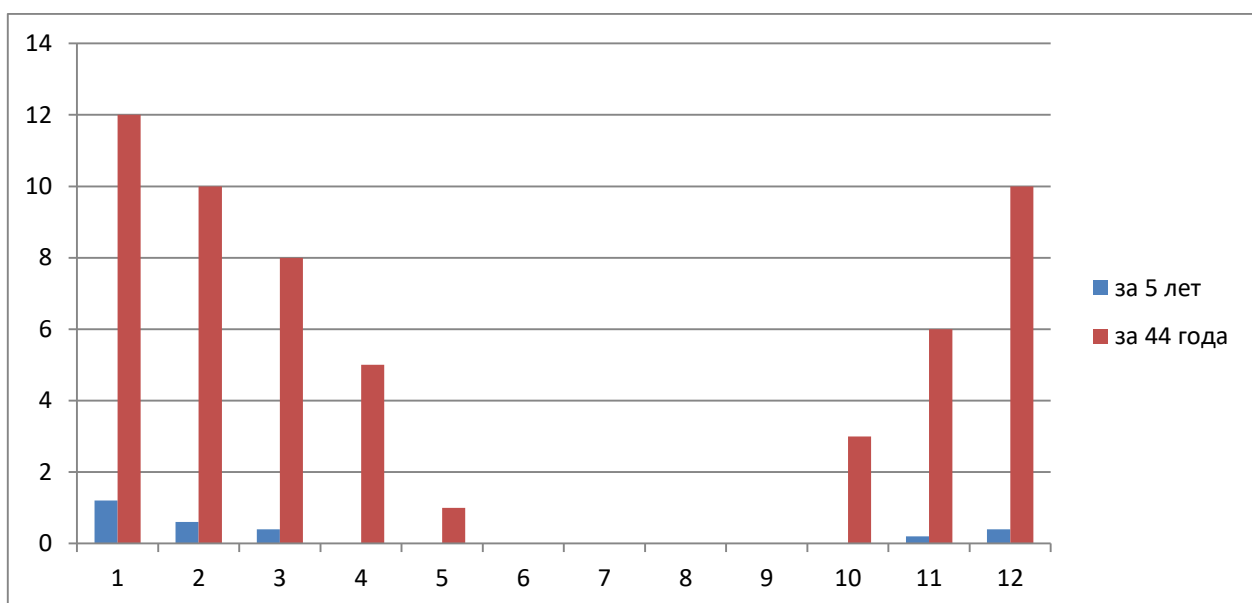


Рисунок 3.25 Среднее число дней с метелью на станции Мурманск за разные периоды наблюдений

Среднегодовое количество дней с метелью составило 2,8. По данным Научно-прикладного справочника по климату СССР (1936-1980 г.г. наблюдений) среднегодовое количество дней с грозой составило 55.

Метелей стало значительно меньше в сезонном распределении. За последние пять лет, чаще всего метели наблюдаются с ноября по март.

Таблица 14. Число случаев дымки в Мурманске за период 2015-2019г.г.

Число случаев дымки	Месяц												За год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2015	22	3	0	1	3	0	1	15	5	8	3	8	69
2016	31	12	2	3	2	3	9	0	0	1	18	8	89
2017	14	1	5	1	0	4	2	4	4	5	16	6	62
2018	12	4	1	2	2	0	7	3	0	12	8	3	54
2019	29	12	0	0	0	0	4	7	1	10	29	1	93
За 5 лет	108	32	8	7	7	7	23	29	10	36	74	26	367

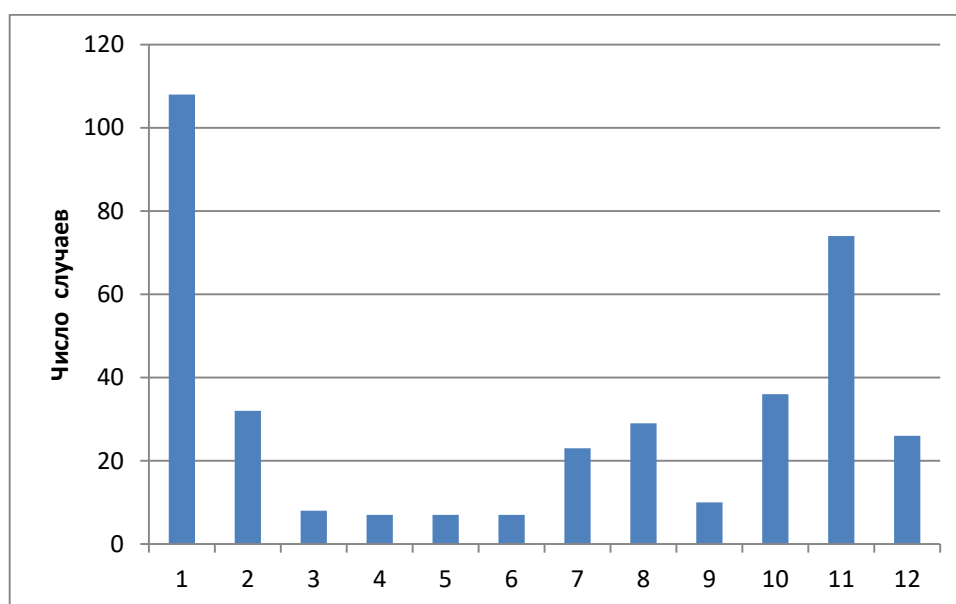


Рисунок 3.26 Годовой ход дымки на станции Мурманск

Таблица 15. Число случаев позёмка в Мурманске за период 2015-2019г.г.

Число случаев позёмка	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2015	21	31	11	0	0	0	0	0	0	1	11	33	108
2016	6	14	9	0	0	0	0	0	0	0	6	8	43
2017	37	19	20	5	0	0	0	0	0	0	2	15	98
2018	36	29	22	0	0	0	0	0	0	4	2	14	107
2019	13	26	31	1	0	0	0	0	0	0	8	20	99
За 5 лет	113	119	93	6	0	0	0	0	0	5	29	90	455

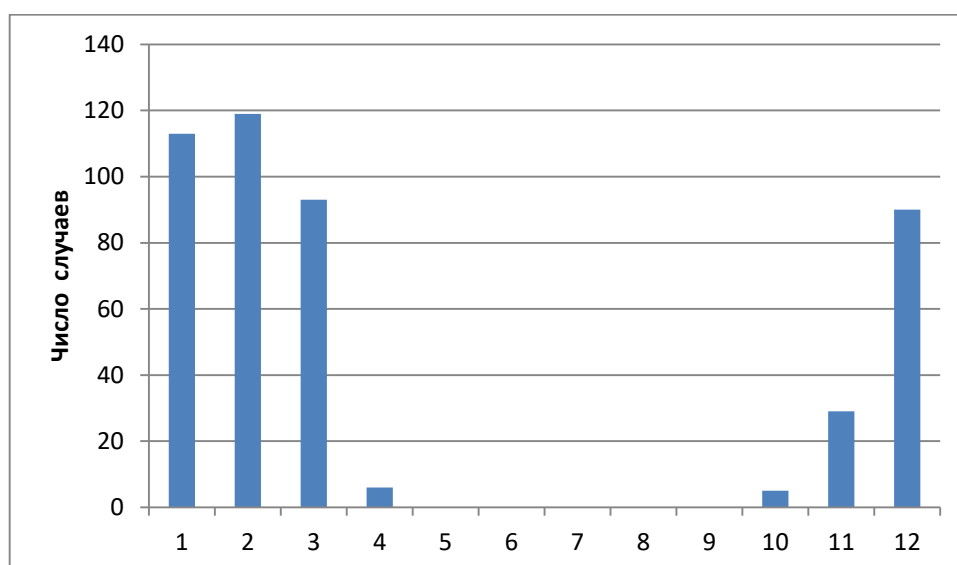


Рисунок 3.27 Годовой ход позёмка на станции Мурманск

Таблица 16. Число случаев мороси в Мурманске за период 2015-2019г.г.

Число случаев мороси	Месяц												За год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2015	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	3
2016	0	0	0	0	1	0	1	3	0	3	0	0	8
2017	0	0	0	0	0	4	8	0	1	1	0	0	14
2018	0	0	0	0	0	0	2	2	0	5	2	0	11
2019	0	0	0	1	0	1	9	1	3	0	0	0	15
За 5 лет	0	0	0	1	1	6	20	7	5	9	2	0	51

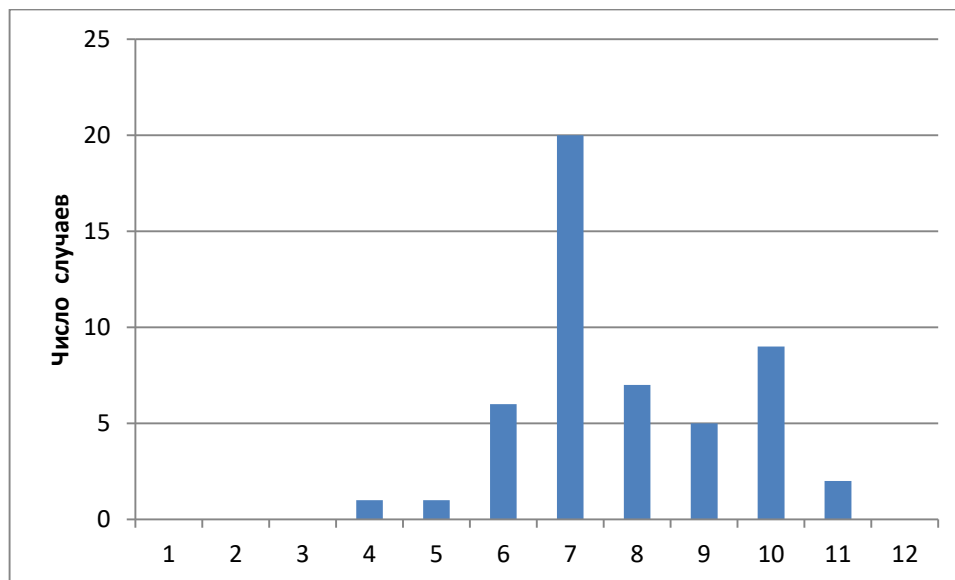


Рисунок 3.28 Годовой ход мороси на станции Мурманск

Таблица 17. Число случаев снега в Мурманске за период 2015-2019г.г.

Число случаев снега	Месяц												За год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2015	12	1	8	2	0	0	0	0	0	0	0	5	28
2016	13	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	23
2017	9	9	7	2	1	0	0	0	0	0	6	11	45
2018	22	5	25	11	0	0	0	0	0	2	7	11	83
2019	20	23	30	2	0	0	0	0	0	13	17	36	141
За 5 лет	76	45	70	19	1	0	0	0	0	15	30	64	320

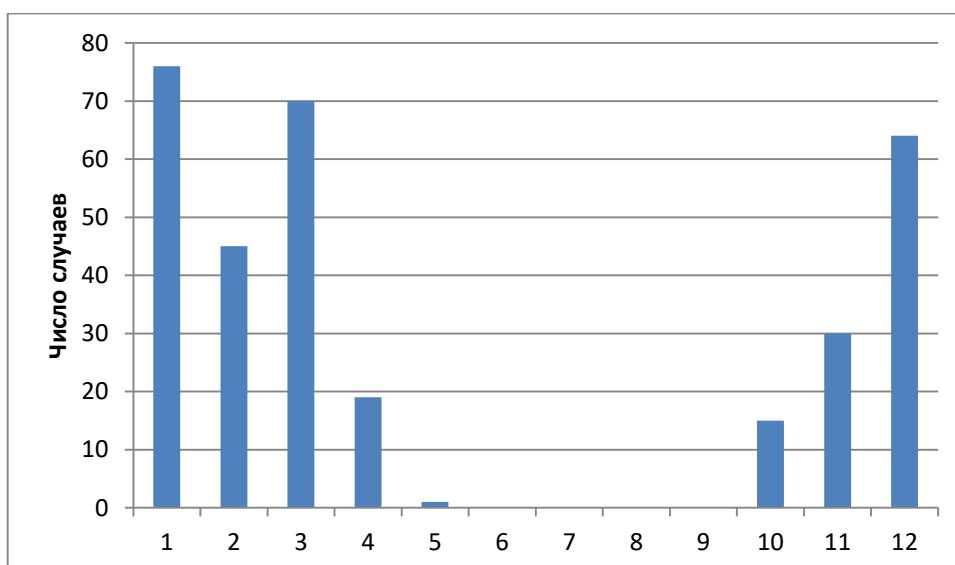


Рисунок 3.29 Годовой ход снега на станции Мурманск

Таблица 18. Число случаев дождя в Мурманске за период 2015-2019г.г.

Число случаев дождя	Месяц												За год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2015	0	1	0	1	2	3	7	1	0	0	0	0	15
2016	0	0	0	1	1	2	0	3	3	0	0	2	12
2017	1	0	2	0	3	1	3	2	0	4	0	0	16
2018	0	0	0	2	3	6	1	11	3	4	12	0	42
2019	5	6	0	4	5	9	23	9	20	11	0	0	92
За 5 лет	6	7	2	8	14	21	34	26	26	19	12	2	177

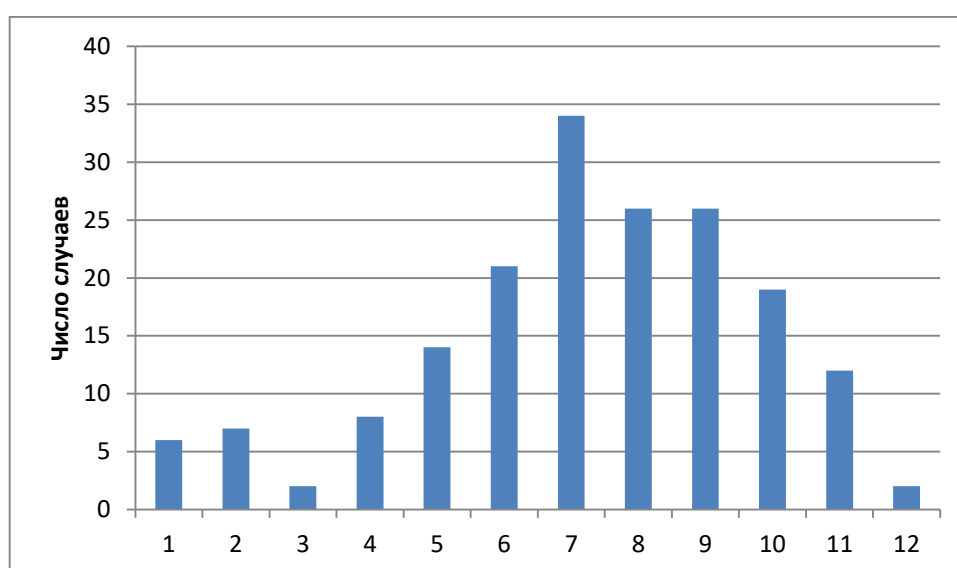


Рисунок 3.30 Годовой ход дождя на станции Мурманск

Таблица 19. Число случаев изморози в Мурманске за период 2015-2019г.г.

Число случаев изморози	Месяц												За год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2015	35	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	48
2016	34	6	0	0	0	0	0	0	0	0	16	7	63
2017	15	3	3	0	0	0	0	0	0	0	10	37	68
2018	28	23	7	1	0	0	0	0	0	0	4	6	69
2019	32	21	3	0	0	0	0	0	0	1	15	4	76
За 5 лет	144	55	13	1	0	0	0	0	0	1	51	59	324

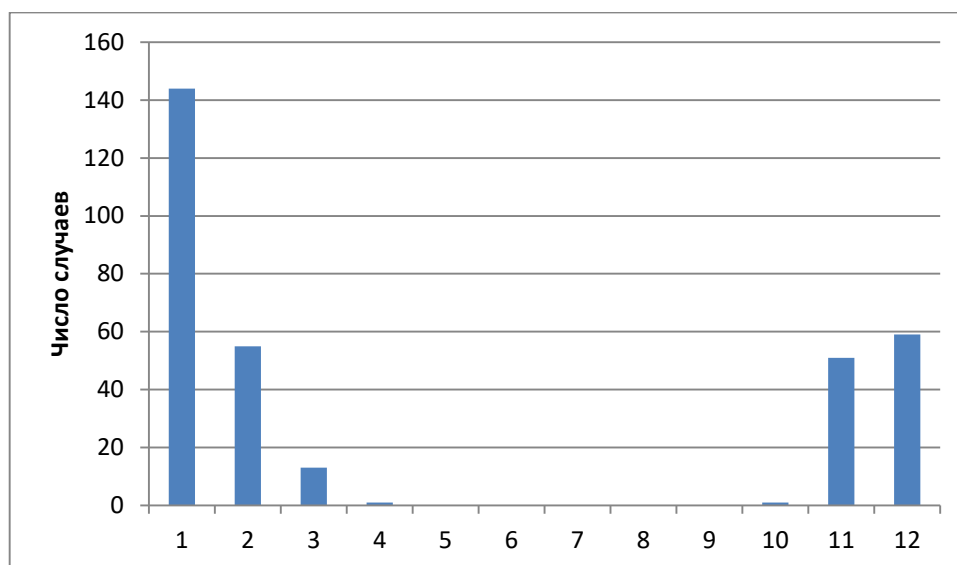


Рисунок 3.31 Годовой ход измороси на станции Мурманск

Таблица 20. Число случаев ливневого снега в Мурманске за период 2015-2019г.г.

Число случаев ливневого снега	Месяц												За год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2015	73	42	45	60	18	0	0	0	0	25	64	61	388
2016	60	73	66	38	1	0	0	0	0	19	68	107	432
2017	60	68	74	70	71	11	0	0	0	40	67	68	529
2018	44	69	94	36	8	5	0	0	0	22	38	39	355
2019	63	69	41	25	35	2	0	0	0	48	44	70	397
За 5 лет	300	321	320	229	133	18	0	0	0	154	281	345	2101

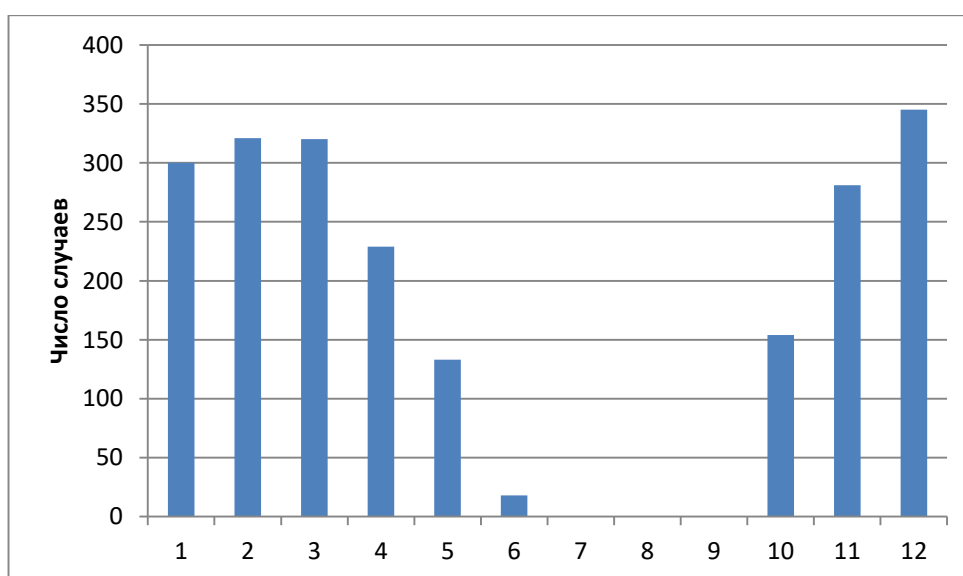


Рисунок 3.32 Годовой ход ливневого снега на станции Мурманск

Таблица 21. Число случаев ливневого дождя в Мурманске
за период 2015-2019г.г.

Число случаев ливневого дождя	Месяц												За год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2015	0	1	1	17	52	79	58	55	48	44	9	2	366
2016	0	7	3	21	44	86	58	52	69	57	7	2	406
2017	4	3	2	2	32	71	44	80	50	49	10	0	347
2018	0	0	0	11	40	81	8	57	52	20	23	2	294
2019	0	2	1	13	43	62	58	72	65	28	2	0	346
За 5 лет	4	13	7	64	211	379	226	316	284	198	51	6	1759

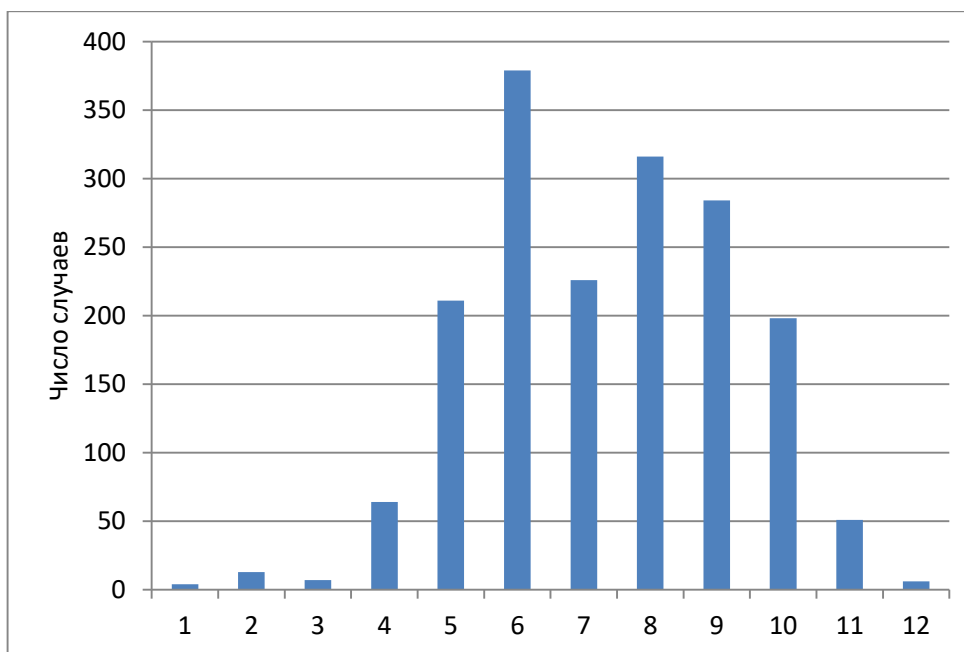


Рисунок 3.33 Годовой ход ливневого дождя на станции Мурманск

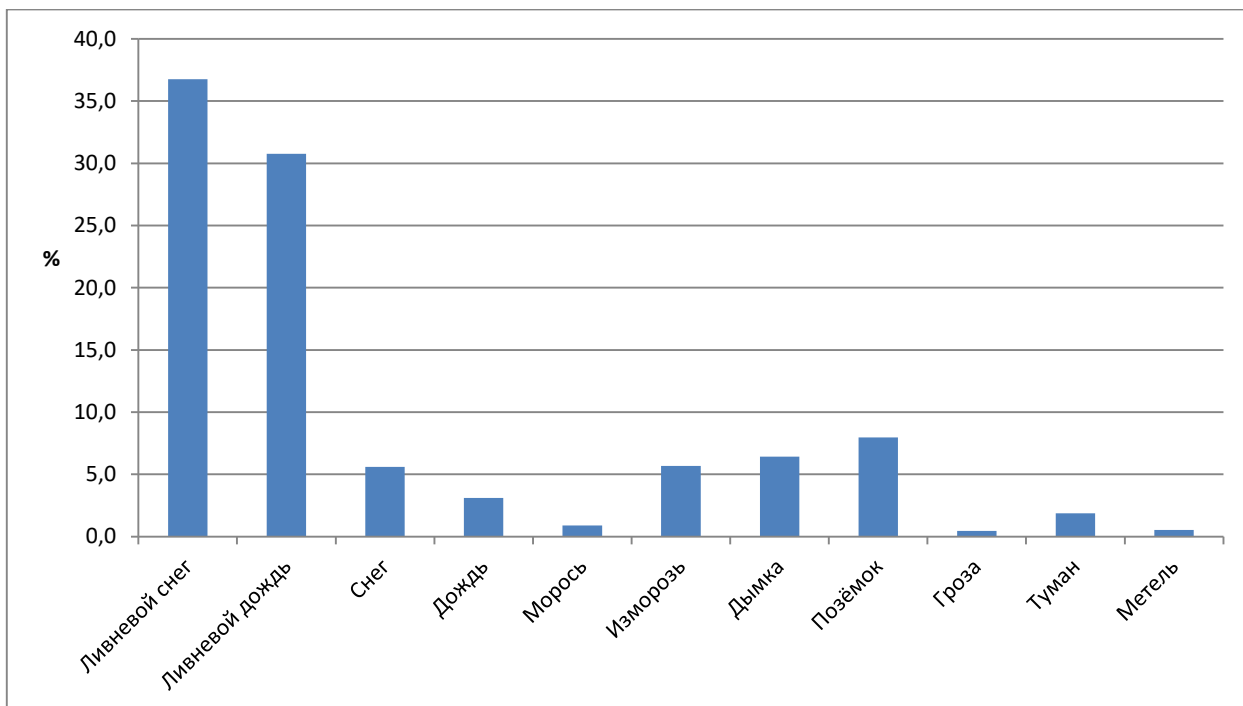


Рисунок 3.34 Повторяемость явлений на станции Мурманск

На станции Мурманск за последние 5 лет наблюдений среди видов осадков преобладают ливневый снег и ливневый дождь, меньше всего наблюдались такие явления, как морось и грозы.

По сравнению с данными середины 20-го столетия, за последние 5 лет число дней с грозами, туманам и метелями значительно уменьшилось. Среднегодовое число дней с грозой составило 5 (7 за период 1936-1980г.г.), с туманом – 12 (33 за период 1936-1980г.г.), с метелью – 3 (55 за период 1936-1980г.г.).

Изменение основных метеорологических характеристик региона исследования говорит об изменении циркуляции атмосферы Заполярья. В целом при изучении особенностей региона исследований отмечается повышение температуры воздуха, снижение значений атмосферного давления, увеличение количества осадков на континентальной станции Мурманск и снижение количества осадков на станциях, в особенности на станции Малые Кармакулы. В частности, на станции Мурманск частота и количество таких явлений, как гроза, туман и метель снизилось, преобладают ливневые осадки.

4. ОСОБЕННОСТИ ОБЛАЧНОГО РЕЖИМА НА СТАНЦИЯХ ЗАПОЛЯРЬЯ

Характеристика облачного режима района составлена по обобщенным метеонаблюдениям на четырех метеостанциях за 2019 год – Мурманск, Нарьян-Мар, Канин Нос и Малые Кармакулы. Данные архива погоды предоставлены компанией ООО «Расписание Погоды», электронный ресурс. Архив погоды включает в себя метеорологические наблюдения по 8 срокам за каждые сутки с 01 января 2019 года по 31 декабрь 2019 года [13].

4.1. Сравнение данных об облаках на континентальных и островных станциях

Данные об облаках на рассматриваемой территории представлены за 2019 год числом случаев форм облаков за месяц и год (табл. 22-25), а также в процентном соотношении от общего количества наблюдаемых форм облаков (рис. 4.1- 4.9).

Также были сопоставлены данные из Научно-прикладного справочника по климату СССР об облаках на станциях Мурманск и Нарьян-Мар за период 1966-1980 годы [15,16].

Таблица 22. Годовой ход облаков
на станции Мурманск

Форма облаков	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
St	37	22	11	1	2	15	28	28	11	25	81	10	271
Sc	42	43	51	111	68	45	35	50	56	54	52	59	666
Ns	25	36	31	6	5	9	23	8	20	24	19	46	252
Ac	98	104	139	150	121	121	78	89	141	132	114	126	1413
As	27	32	41	6	3	9	27	6	20	22	17	36	246
Ci	69	43	80	32	43	68	53	34	35	23	31	32	543
Cs	5	1	12	1	1	1	2	0	0	2			25
Cc	1	2	7		4	7	1	1	4	4	1		32
Cu	5	2	12	9	14	26	32	22	15	1	2	1	141
Cb	70	80	65	85	140	120	99	125	108	133	77	98	1200

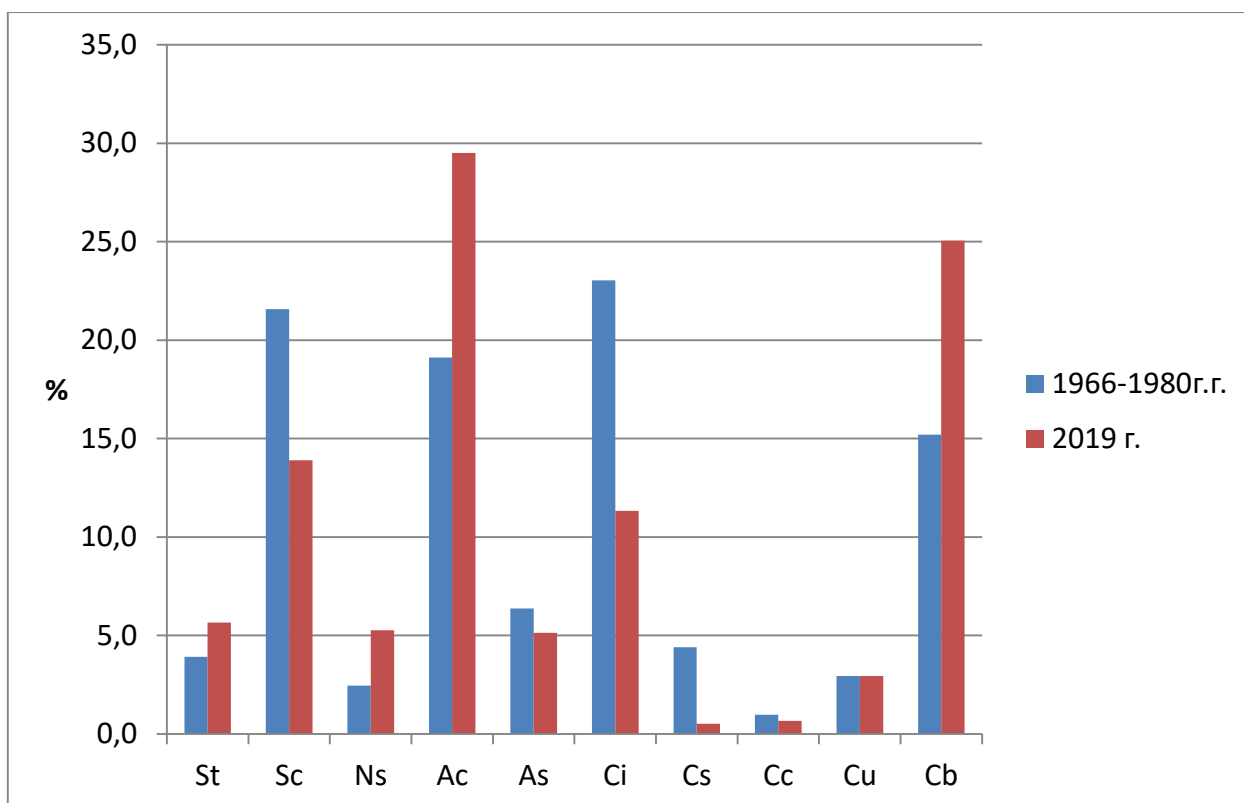


Рисунок 4.1. Повторяемость облаков на станции Мурманск в разные периоды

Таблица 23. Годовой ход облаков
на станции Нарьян-Мар

Форма облаков	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
St	35	34	28	47	47	73	62	61	42	47	47	50	573
Sc	45	44	67	84	101	135	135	127	117	108	52	81	1096
Ns	58	60	21	13	21	12	3	1	11	19	51	52	322
Ac	89	57	92	97	108	110	86	80	103	103	65	75	1065
As	63	62	22	14	21	13	3	1	12	19	49	50	329
Ci	41	25	48	38	51	40	66	54	42	44	26	20	495
Cs	1		1								1		3
Cc						1							1
Cu	48	26	9	12	7	13	18	9	13	10	31	22	218
Cb	15	51	77	65	46	92	53	43	46	39	60	51	638

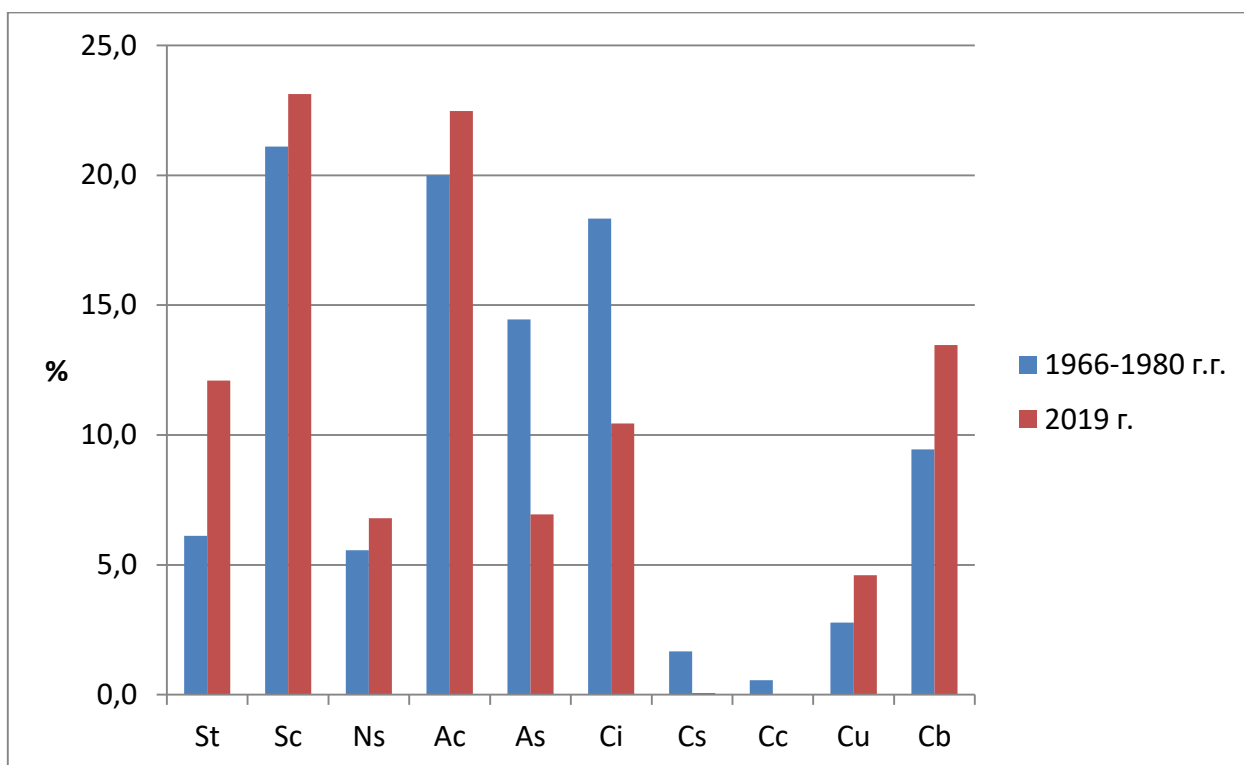


Рисунок 4.2. Повторяемость облаков на станции Нарьян-Мар

Таблица 24. Годовой ход облаков
на станции Канин Нос

Форма облаков	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
St		17	3	8	11	11	19	19	13		1		102
Sc	127	101	146	177	105	151	106	85	86	105	152	202	1543
Ns	42	61	24	7	19	1	14	7	14	44	32	30	295
Ac	118	84	98	116	131	79	66	115	78	119	43	73	1120
As	6	14	8	7	13	1	20	10	15	51	53	51	249
Ci	23	15	27	13	31	17	23	67	35	19	17	6	293
Cs											1		1
Cc	5	7	17	4	25	10	14	18	9				109
Cu		8	10	10	5	3	4	1	2	4			47
Cb	47	35	63	20	33	48	39	24	84	93	48	14	548

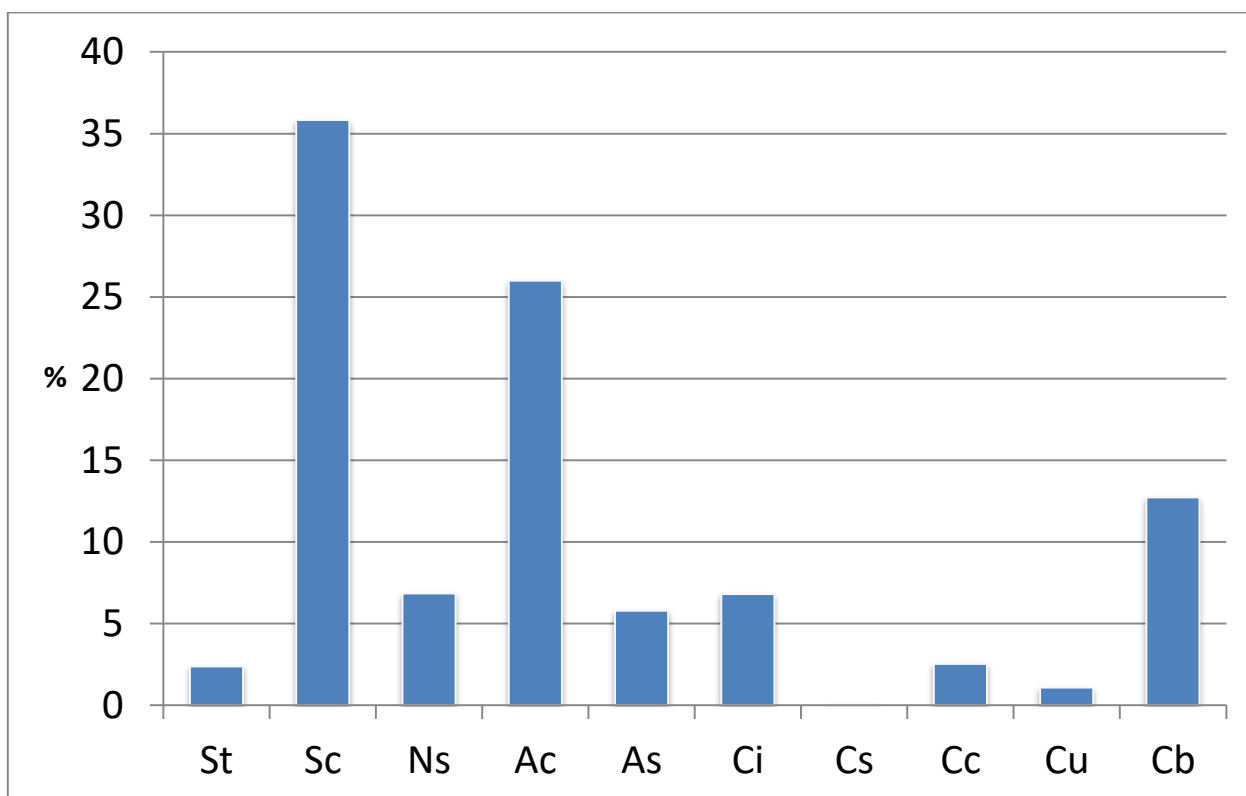


Рисунок 4.3. Повторяемость облаков на станции Канин Нос

Таблица 25. Годовой ход облаков
на станции Малые Кармакулы

Форма облаков	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
St		4	11	12	3	34	31	27	30		15	5	172
Sc	79	51	112	125	126	131	125	132	135	139	81	93	1329
Ns	25	35	33	39	43	14	7	9	12	1	27	32	277
Ac	203	153	197	169	186	134	147	143	170	216	172	198	2088
As		20	11	36	19	16	7	9	12	1	6	18	155
Ci	153	92	95	49	84	29	96	86	30	65	69	44	892
Cs				1		2							3
Cc													0
Cu	31	14	28	44	38	55	43	69	52	66	28	28	496
Cb	31	44	29	44	25	49	15	22	27	59	43	60	448

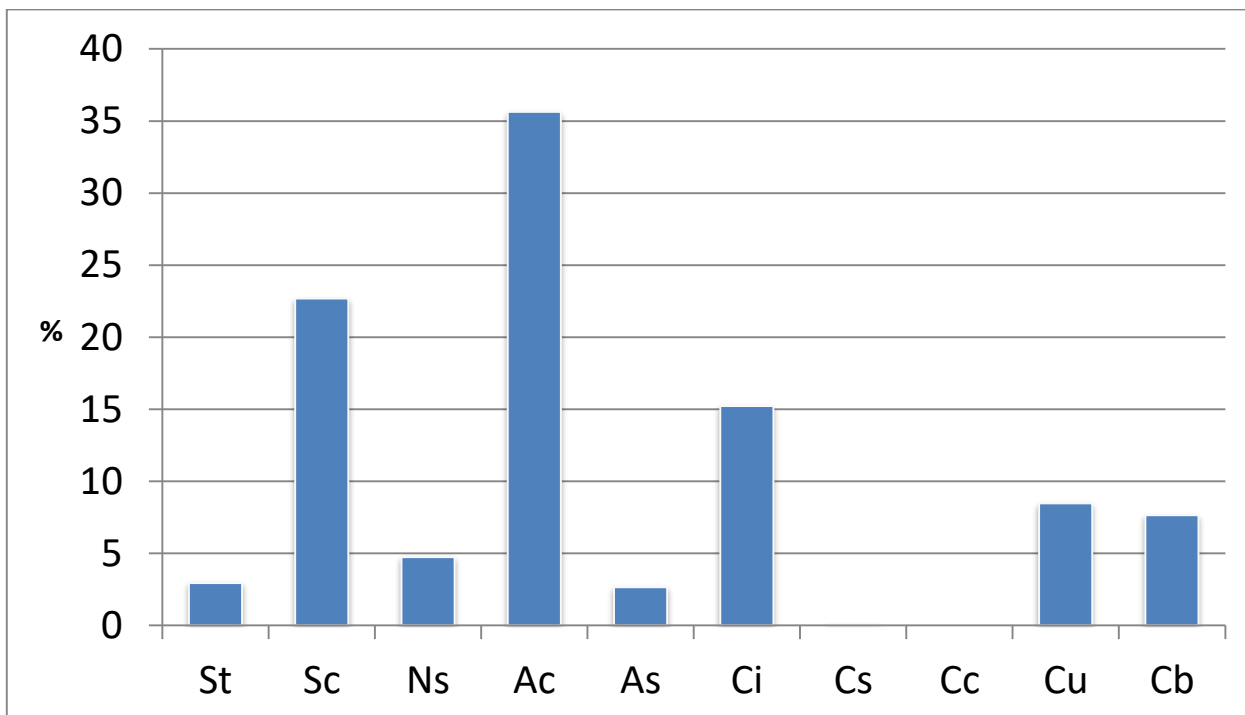


Рисунок 4.4. Повторяемость облаков на станции Малые Кармакулы

Для рассматриваемой территории Заполярья облака верхнего яруса представлены в основном – перистыми, а перисто-слоистые и перисто-кучевые встречаются крайне редко и только на станциях Мурманск и Канин Нос. Максимум перистых облаков зафиксировано в январе на станции Малые Кармакулы, минимум в декабре на станции Канин Нос.

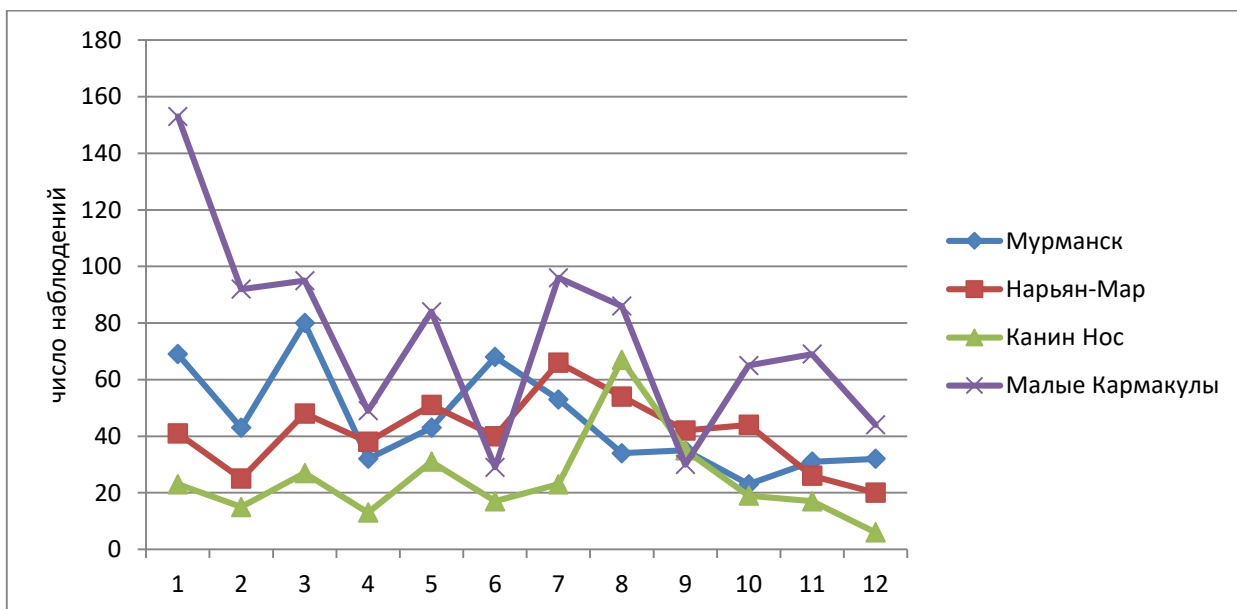


Рисунок 4.6. Годовой ход перистых облаков (Ci) на станциях

Облака среднего яруса представлены в большей степени – высококучевыми, а высокослоистые и слоисто-дождевые встречаются не более 7% от всех наблюдаемых облаков и это характерно для всех станций региона. Максимум высококучевых облаков зафиксировано в октябре на станции Малые Кармакулы, минимум в ноябре на станции Канин Нос.

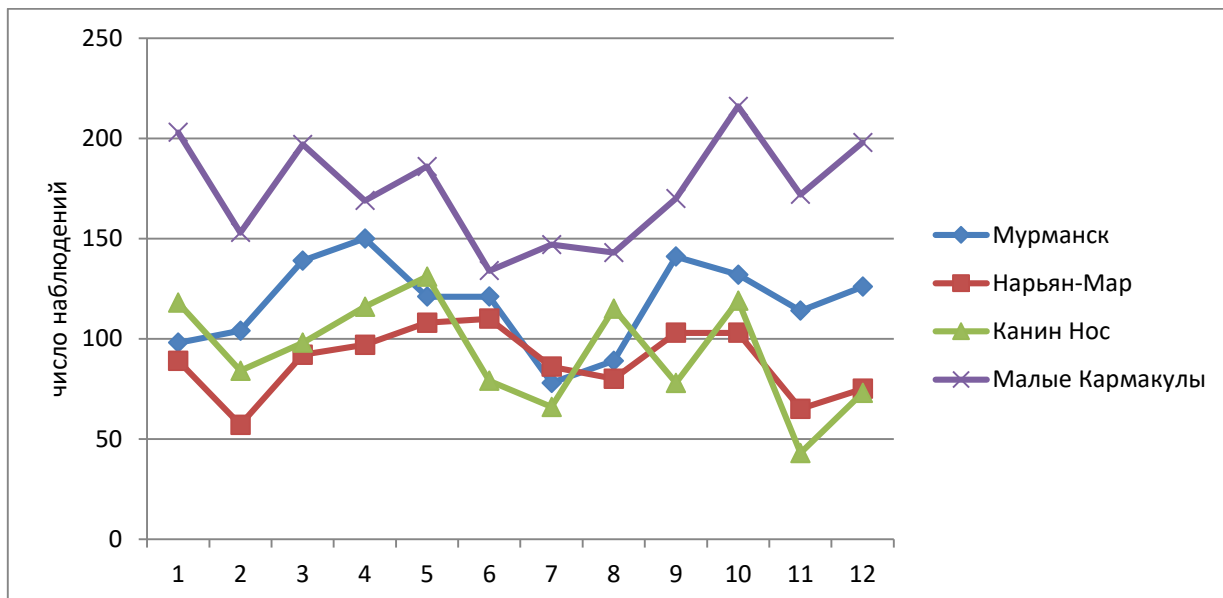


Рисунок 4.7. Годовой ход высококучевых облаков (Ac) на станциях

Облака нижнего яруса представлены в большей степени – слоисто-кучевыми, в меньшей степени слоистыми и слоисто-дождевыми. Максимум слоисто-кучевых облаков зафиксировано в декабре на станции Канин Нос, минимум в июле на станции Мурманск.

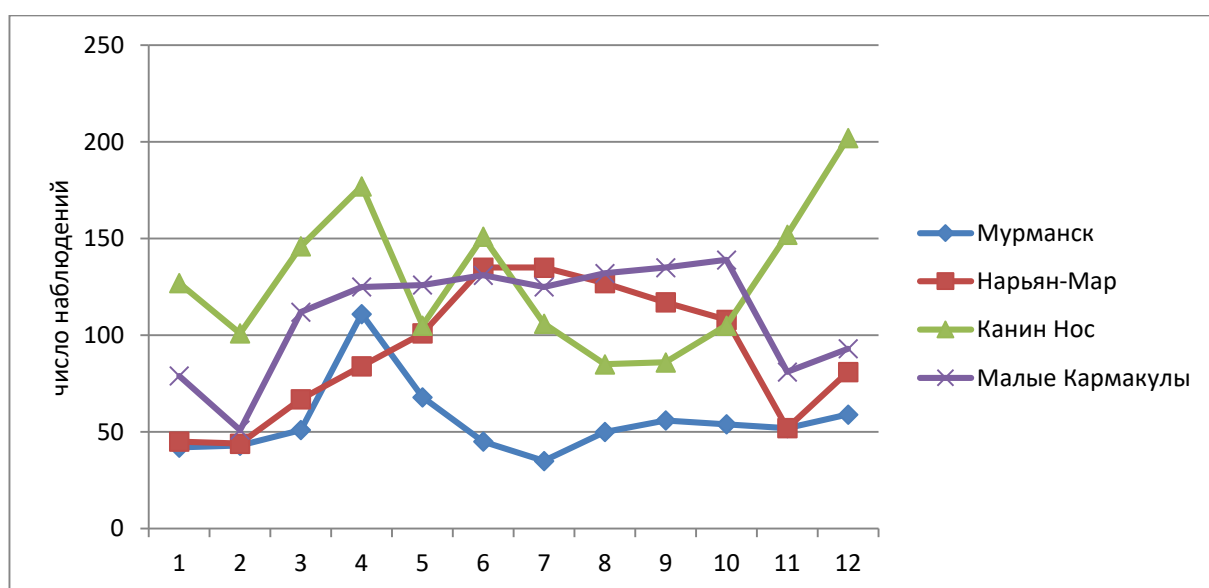


Рисунок 4.8. Годовой ход слоисто-кучевых облаков (Sc) на станциях

Облака вертикального развития представлены в большей степени кучево-дождевыми. Максимум кучево-дождевых облаков зафиксировано в мае на станции Мурманск, минимум в декабре на станции Канин Нос.

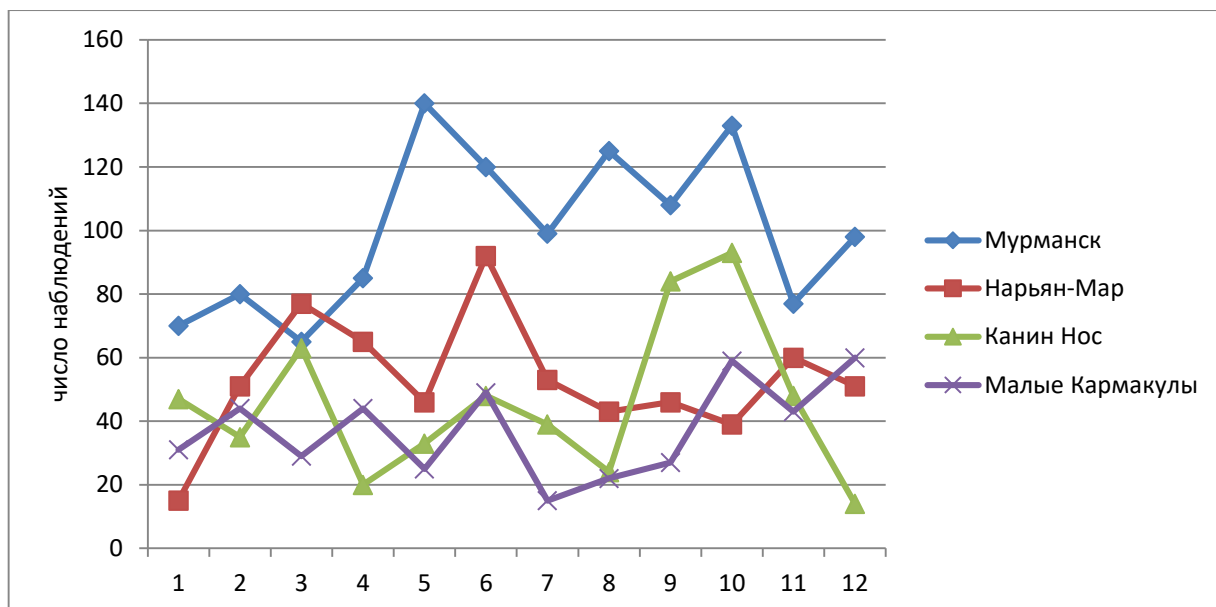


Рисунок 4.9. Годовой ход кучево-дождевых облаков (Cb) на станциях

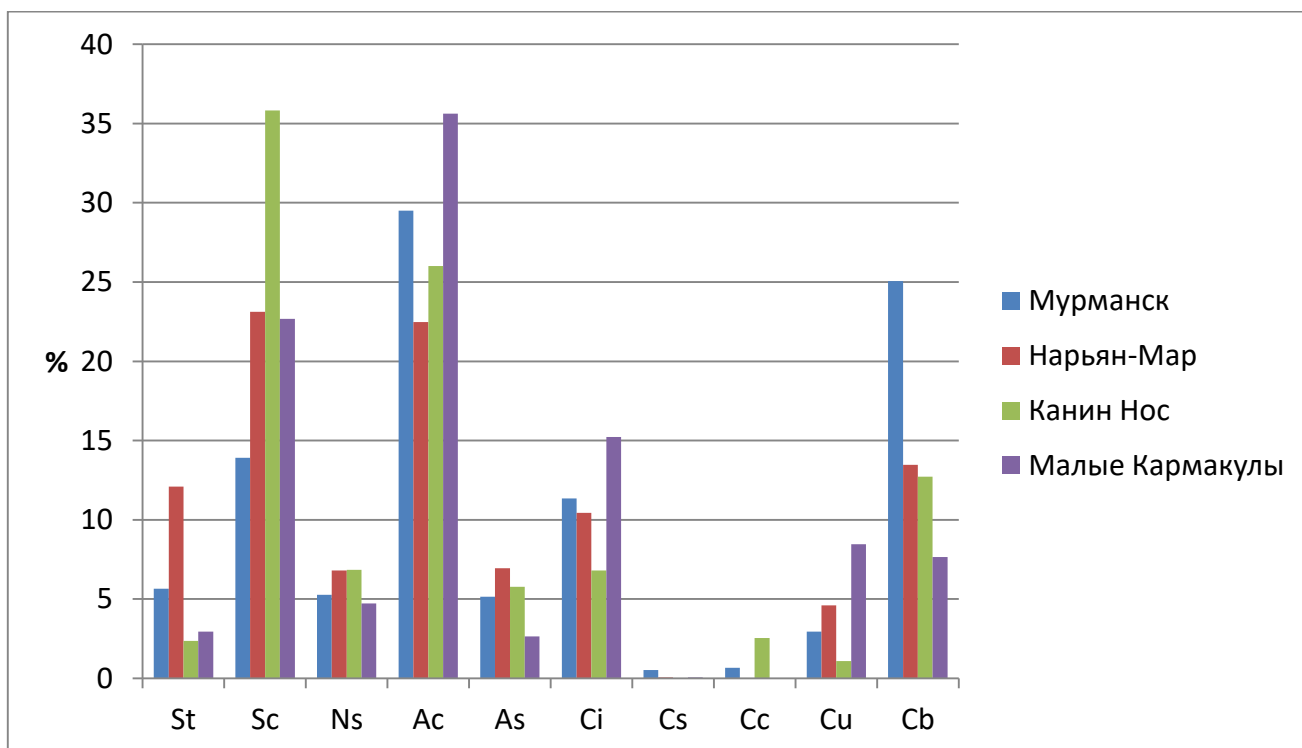


Рисунок 4.10. Повторяемость облаков на станциях Заполярья ЕТР

В 2019 году, от общего числа наблюдаемых облаков на станции Мурманск, чаще всего наблюдались высококучевые облака (Ac) 30% и кучево-

дождевые (Cb) 25%, на станции Нарьян-Мар – слоисто-кучевые (Sc) 23% и высококучевые (Ac) 22%, на станции Канин Нос – слоисто-кучевые (Sc) 36% и высококучевые (Ac) 26%, на станции Малые Кармакулы – слоисто-кучевые (Sc) 23% и высококучевые (Ac) 36%.

Среди облаков, приносящих осадки, доля кучево-дождевых облаков больше, чем слоисто-дождевых и высокослоистых облаков.

Сопоставление данных об облаках на станциях Мурманск и Нарьян-Мар за периоды 1966-1980 г. и 2019 г. показало, что произошли изменения в повторяемости форм облаков на станциях. Если во второй половине 20 века в Мурманске преобладали перистые (Ci) 23%, слоисто-кучевые (Sc) 22 %, высококучевые облака (Ac) 19% и кучево-дождевых (Cb) 15%, то сейчас доля высококучевых облаков (Ac) увеличилась до 30%, кучево-дождевых (Cb) увеличилась до 25%, а доля перистых (Ci) уменьшилась до 11%, доля слоисто-кучевых уменьшилась до 14%.

В Нарьян-Маре во второй половине 20 века преобладали слоисто-кучевые (Sc) 21%, высококучевые облака (Ac) 20%, высокослоистые (As) 14 % и перистые (Ci) 18%, то сейчас доля высококучевых облаков (Ac) увеличилась до 22%, доля слоисто-кучевых (Sc) увеличилась до 23%, кроме того увеличилась доля слоистых (St) до 12 % и кучево-дождевых (Cb) до 13%. Сократилась доля высокослоистых (As) до 7 % и перистых (Ci) до 10%.

4.2. Сравнение данных по облачности на континентальных и островных станциях

Годовой ход общей и нижней облачности является фактором, влияющим на регулярность и безопасность воздушного транспорта в исследуемом регионе.

Годовой ход повторяемости общей и нижней облачности в регионе исследования представлен в баллах, а также высота нижней границы облаков в метрах (табл. 26-29, рис. 4.11-4.18).

Таблица 26. Баллы облачности и высота нижней границы облаков нижнего яруса на станции Мурманск

Облачность	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Общая	7,8	7,6	7,3	8,3	8,4	8,3	8,4	8,7	7,9	8,4	8	8,4	8,1
Нижняя	5,4	6,1	5,1	6,4	6,7	6,5	6,8	7,5	5,9	6,7	6,3	6,6	6,3
Высота нижней границы облаков	1048	1003	1327	1000	751	786	769	624	774	554	497	998	844

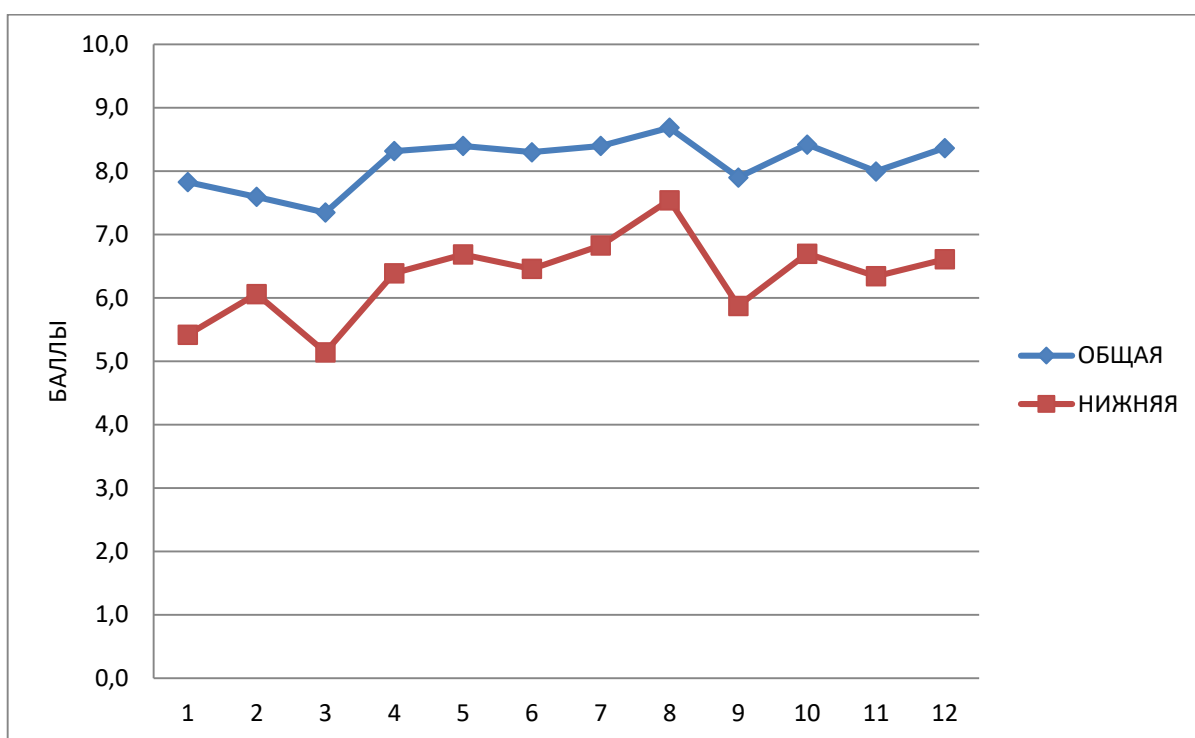


Рисунок 4.11. Годовой ход облачности на станции Мурманск

Для станции Мурманск минимумы общей и нижней облачности приходятся на март, максимумы на август. В летний сезон доля общей и нижней облачности выше в сравнении с более холодными периодами. В среднегодовом значении доля нижней облачности по отношению к общей составляет 78 %. Среднегодовая высота нижней границы облаков составляет 844 м.

Таблица 27. Баллы облачности и высота нижней границы облаков нижнего яруса на станции Нарьян-Мар

Облачност ь	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Общая	7,9	8,6	8	8	8,4	8,9	8,7	7,8	7,4	8,3	8,5	8,9	8,3
Нижняя	6,5	7,5	6,9	7	6,8	7,2	7,1	6,8	6,4	7,1	8	8,2	7,1
Высота нижней границы облаков	105 3	84 2	112 9	102 0	119 6	79 5	89 3	95 1	105 1	103 5	92 6	72 3	105 3

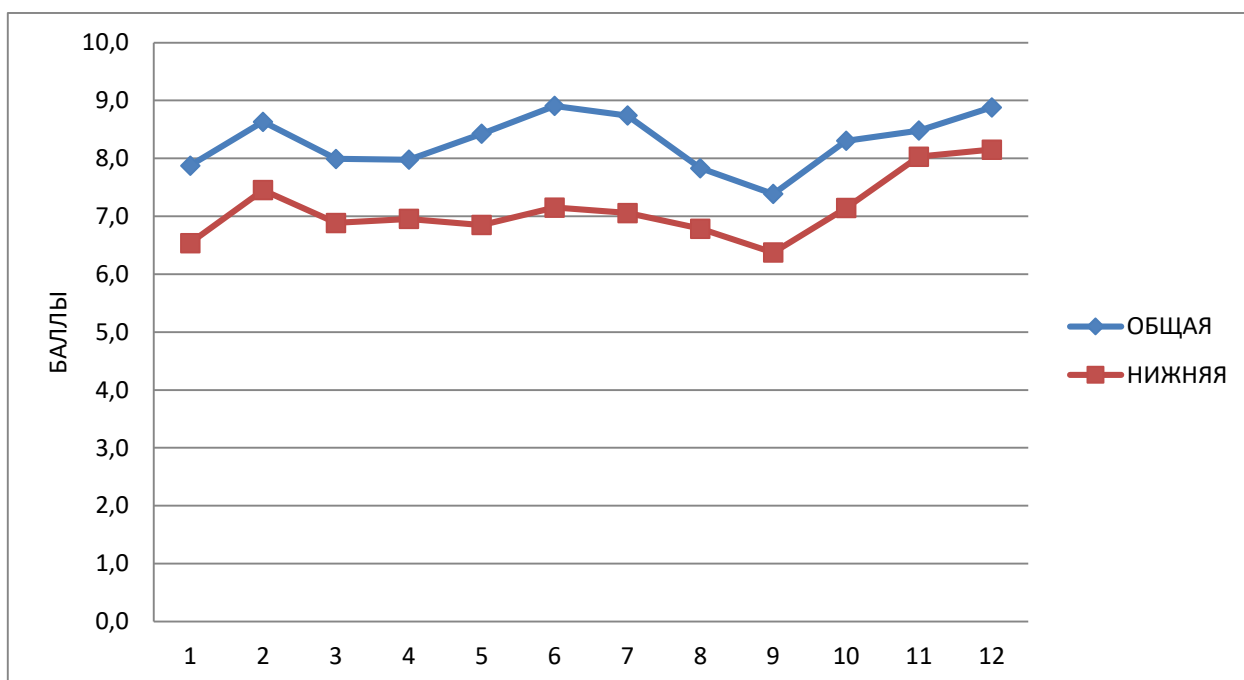


Рисунок 4.12. Годовой ход облачности на станции Нарьян-Мар

Для станции Нарьян-Мар минимумы общей и нижней облачности приходятся на сентябрь, максимумы на декабрь. В среднегодовом значении доля нижней облачности по отношению к общей составляет 86 %. Среднегодовая высота нижней границы облаков составляет 1053 м.

Таблица 28. Баллы облачности и высота нижней границы облаков
нижнего яруса на станции Канин Нос

Облачность	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Общая	7,8	6,8	7,8	8	7,1	8,1	7	6,6	7,6	8,4	8,5	8,7	7,7
Нижняя	7,2	6,3	6,9	7,1	5,8	7,8	7,1	6	7,1	7,3	8,2	7,6	7
Высота нижней границы облаков	756	509	520	593	1054	582	674	1163	593	375	472	520	651

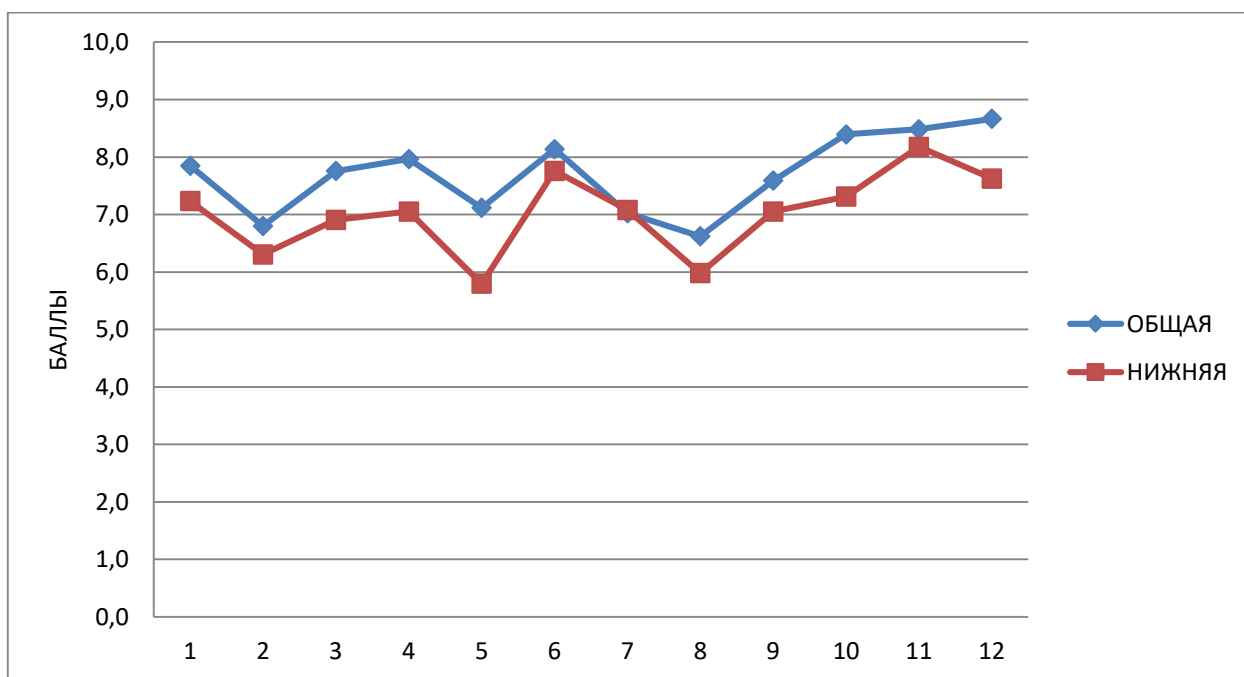


Рисунок 4.13. Годовой ход облачности на станции Канин Нос

Для станции Канин Нос минимумы общей облачности приходятся на август, нижней облачности – на май и август, максимумы для нижней облачности – ноябрь, для общей облачности – декабрь. В среднегодовом

значении доля нижней облачности по отношению к общей составляет 91 %.

Среднегодовая высота нижней границы облаков составляет 651 м.

Таблица 29. Баллы облачности и высота нижней границы облаков нижнего яруса на станции Малые Кармакулы

Облачность	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Общая	6,3	7,8	7,7	8,7	8,1	9,4	7,6	8	8,6	7,8	7,5	8,3	8
Нижняя	2,9	4,3	4,4	5,3	5,2	7,1	5	5,8	5,9	4,6	4,5	4,4	5
Высота нижней границы облаков	1382	1160	877	468	913	383	900	687	528	724	913	750	807

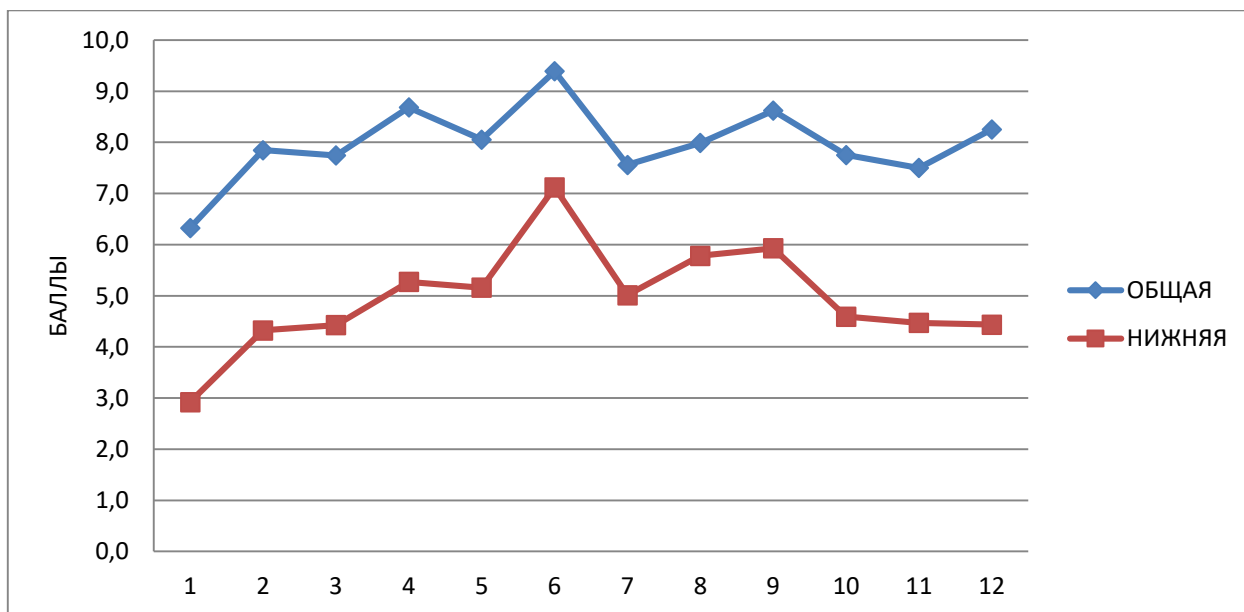


Рисунок 4.14. Годовой ход облачности на станции Малые Кармакулы

Для станции Малые Кармакулы минимумы общей и нижней облачности приходятся на январь, максимумы – на июнь. В среднегодовом значении доля нижней облачности по отношению к общей составляет 63 %. Среднегодовая высота нижней границы облаков составляет 807 м.

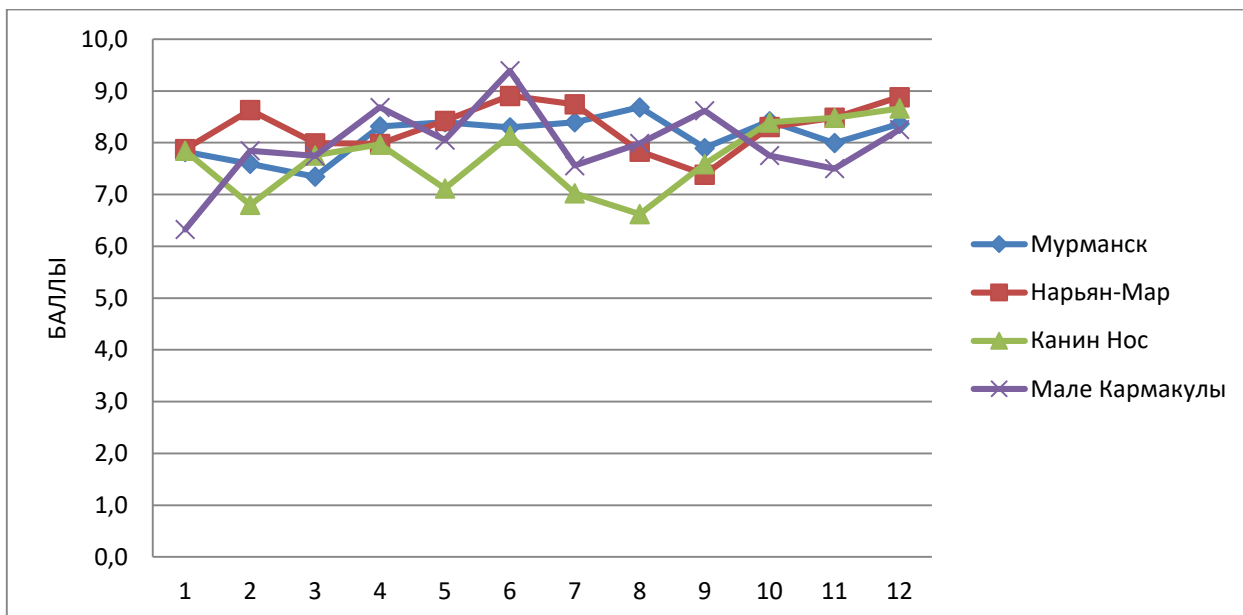


Рисунок 4.15. Годовой ход общей облачности на станциях

Годовой ход общей облачности на станциях изменяется в пределах от 6,3 до 9,4 баллов. Какого-либо разделения на островные и континентальные станции в годовом ходе общей облачности не прослеживается.

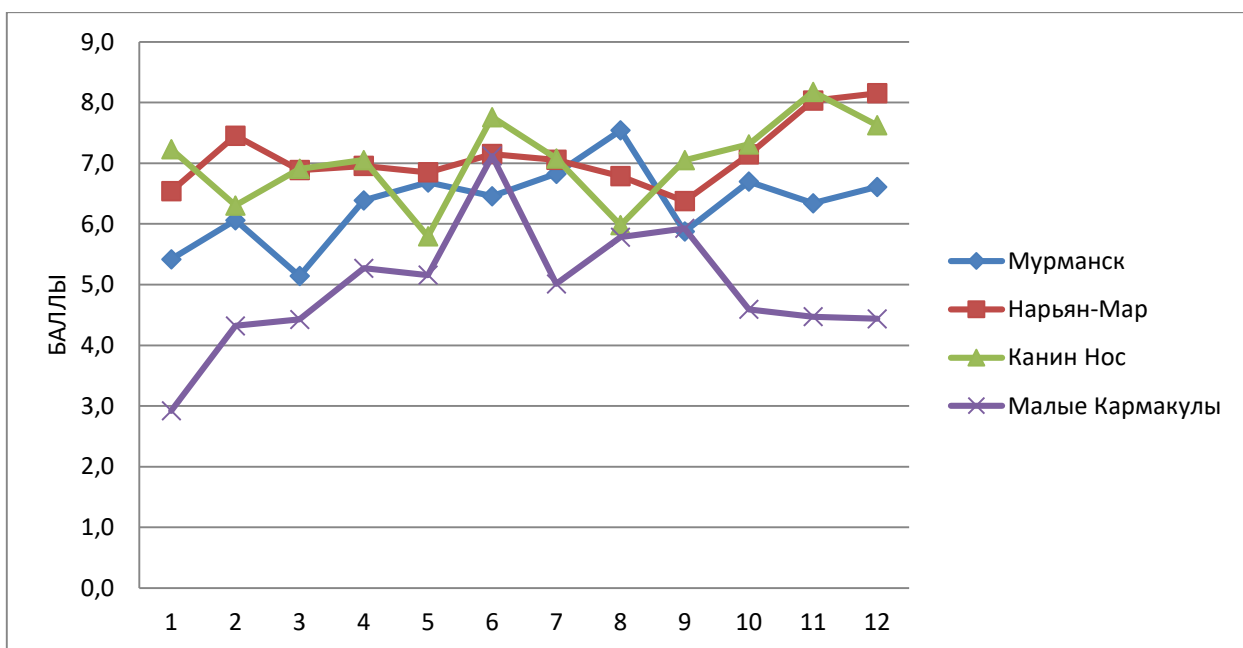
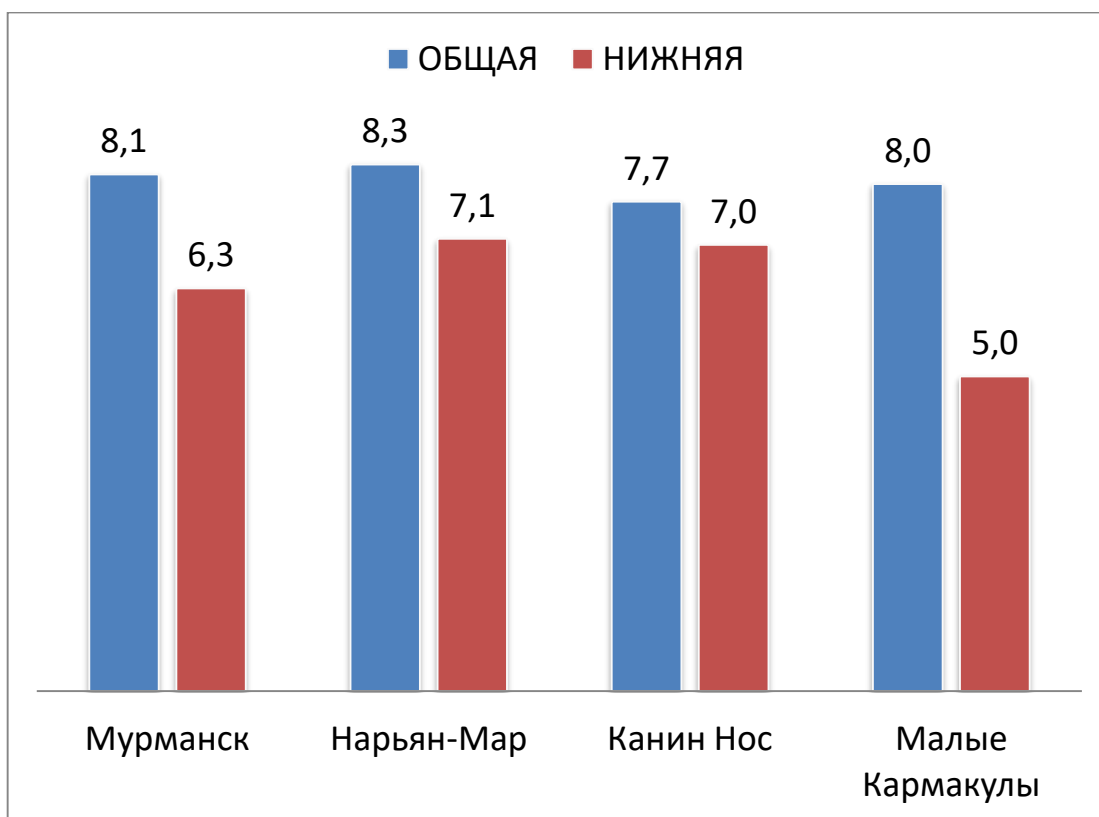


Рисунок 4.16. Годовой ход нижней облачности на станциях

Годовой ход нижней облачности на станциях изменяется в пределах от 2,9 до 8,2 баллов. Какого-либо разделения на островные и континентальные станции в годовом ходе нижней облачности не прослеживается.



Р
и
с
у
н
о
к
4
.
1
7
.
Сред

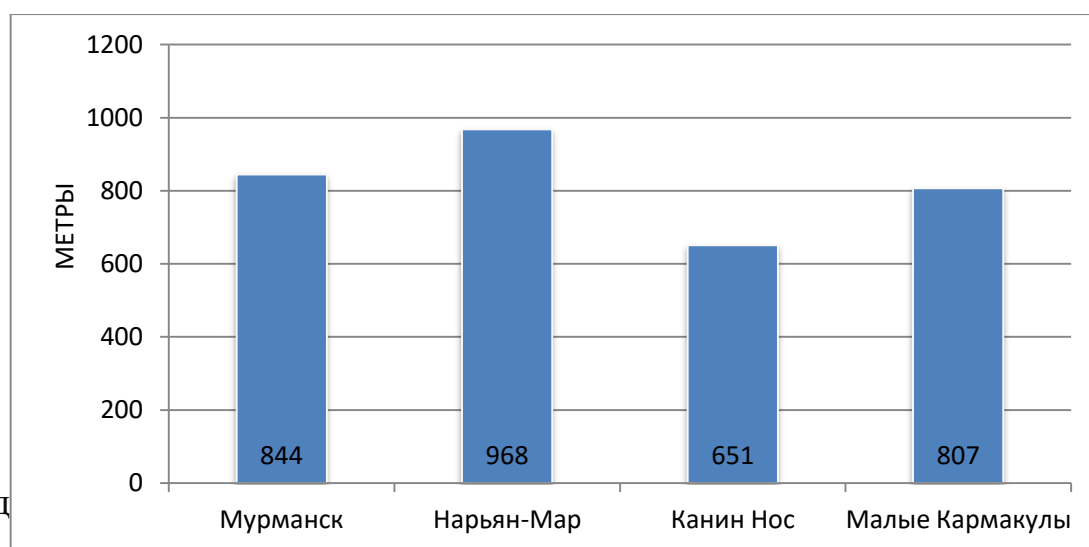


Рисунок 4.18. Среднегодовое значение высоты нижней границы облаков на станциях (в метрах)

Среднегодовое значение облачности на станциях островного типа ниже, чем на станциях континентального типа. Однако для континентальных и островных станций нет ярко выраженной взаимосвязи в динамике общей и нижней облачности. На самой северной станции Малые Кармакулы среднегодовое значение нижней облачности имеет минимальное значение, где доля облаков нижнего яруса меньше, чем на остальных представленных

станциях Заполярья ЕТР. Высота нижней границы облаков на островных станциях ниже, чем на континентальных станциях.

Заключение

Детальный анализ архива погоды исследуемого региона позволил собрать большой объем метеорологической информации, а также выявить изменения основных метеорологических характеристик, сезонное и географическое распределение облаков на станциях Заполярья ЕТР.

При сопоставлении данных исследования с климатическим справочником, выборка которого охватывает весь 20 век, отмечается следующие изменения:

1. Снижение среднегодового значения атмосферного давления на станциях Заполярья ЕТР в среднем на 0,5 гПа, а также произошло изменение годового распределения атмосферного давления. В зимнем периоде значение среднемесячного давления снизилось на 2-7 гПа, наиболее сильно в марте – на 7 гПа. В период с сентября по ноябрь среднемесячное давление увеличилось на 2-5 гПа. По данным конца 20 века, в регионе исследования годовой ход атмосферного давления имел максимум в мае и минимум в декабре. В начале 21 века наблюдаются максимумы в мае для всех станций, в сентябре для станций Мурманск и Канин Нос, в ноябре для станций Нарьян-Мар и Малые Кармакулы, а также наблюдаются минимумы на всех станциях в декабре, марте и июне. Колебание годового хода атмосферного давления участилось, и возросла роль циклонов и антициклонов в формировании климата;

2. Отмечается рост значений среднемесячных температур в первой половине года на 3-5 °С, когда отмечалось понижение среднегодовых значений давления, и на 1 °С в сентябре-ноябре, когда отмечался рост среднемесячного давления. Самым тёплым в году месяцем остается июль, средняя температура которого составляет 12,8°С, а самым холодным месяцем стал январь, средняя температура которого составляет -11,4 °С. По данным за 20 век самым холодным месяцем был февраль;

3. Наблюдается изменение тренда сезонного распределения, а также снижение количества осадков на станциях Канин Нос – на 28мм, Нарьян-Мар – 2 мм, Малые Кармакулы – 58 мм, и увеличение их в Мурманске на 90 мм. Среднегодовая сумма осадков в районе исследования уменьшилась на 1 мм и

составила 438 мм. На континентальных станциях Мурманск и Нарьян-Мар в летний период наблюдалось пониженное давление и увеличение количества осадков, с наибольшими значениями в июне и августе. Кроме того, на станции Мурманск в декабре отмечалось повышение количества осадков при минимальном значении атмосферного давления. В самом теплом месяце июле наблюдалось повышение атмосферного давления и снижение количества осадков на всех станциях. На островных станциях Канин Нос и Малые Кармакулы минимальное значение количества осадков наблюдалось в апреле, в период повышения атмосферного давления. Рост количества осадков в июне отмечается с понижением атмосферного давления. С августа по октябрь на станции Малые Кармакулы и с августа по ноябрь на станции Канин Нос наблюдается наибольшее количество осадков при равномерном высоком давлении. С октября по апрель снижается количество осадков.

При изучении основных метеорологических характеристик, существенных отличий между континентальными и островными станциями обнаружить не удалось, за исключением количества выпадающих осадков, сумма которых больше на континентальных, особенно на станции Мурманск, и меньше на островных станциях, особенно на станции Малые Кармакулы.

На станциях Заполярья ЕТР среди видов осадков и явлений преобладают ливневый снег и ливневый дождь, меньше всего мороси и гроз. В регионе исследования число дней с ясной погодой больше, чем дней с явлениями. При детальном изучении данных со станции Мурманск, отмечается уменьшение количества таких явлений как гроза, туман и метель в сравнении с данными середины 20 века. Среднегодовое число дней с грозой уменьшилось с 7 до 5, с туманом – с 33 до 12, с метелью – с 55 до 3. Грозы стали наблюдаться только в теплый период с мая по сентябрь. Туманы не наблюдались в марте и июне, когда как в середине 20 века они могли наблюдаться в течение всего года. Метели наблюдаются исключительно в холодный период с ноября по март, когда как в середине 20 века они могли наблюдаться с октября по май.

Сопоставление данных об облаках на станциях Мурманск и Нарьян-Мар за периоды 1966-1980 г. и 2019 г. показало, что произошли изменения в повторяемости форм облаков на станциях. В Мурманске в последние годы доля высококучевых облаков (Ac) увеличилась на 11%, кучево-дождевых (Cb) на 10%, а доля перистых (Ci) уменьшилась на 12%, слоисто-кучевых (Sc) уменьшилась на 8%.

В Нарьян-Маре доля высококучевых облаков (Ac) увеличилась на 2%, слоисто-кучевых (Sc) на 2%, слоистых (St) на 6 % и кучево-дождевых (Cb) на 4%. Сократилась доля высокослоистых (As) на 7 % и перистых (Ci) на 8%.

Для рассматриваемой территории Заполярья облака верхнего яруса представлены в основном – перистыми (Ci), а перисто-слоистые (Cs) и перисто-кучевые (Cc) встречаются крайне редко и только на станциях Мурманск и Канин Нос. Максимум перистых облаков зафиксировано в январе на станции Малые Кармакулы, минимум в декабре на станции Канин Нос.

Облака среднего яруса представлены в большей степени высококучевыми и это характерно для всех станций региона. Максимум высококучевых облаков зафиксировано в октябре на станции Малые Кармакулы, минимум в ноябре на станции Канин Нос.

Облака нижнего яруса представлены в большей степени – слоисто-кучевыми, в меньшей степени слоистыми и слоисто-дождевыми. Максимум слоисто-кучевых облаков зафиксировано в декабре на станции Канин Нос, минимум в июле на станции Мурманск.

Анализ повторяемости форм облаков по всем станциям показал, что чаще всего наблюдаются высококучевые облака (Ac) и слоисто-кучевые (Sc) облака, реже всего перисто-слоистые (Cs) и перисто-кучевые (Cc) облака. Среди облаков, приносящих осадки, доля кучево-дождевых (Cb) облаков больше, чем слоисто-дождевых (Ns) и высокослоистых (As) облаков.

При изучении облачного режима существенных отличий между континентальными и островными станциями обнаружить не удалось, за исключением расположения облаков нижнего яруса, высота которых меньше на островных станциях, в особенности на станции Канин Нос – 651 м. Какого-

либо разделения на островные и континентальные станции в годовом ходе общей и нижней облачности выявить не удалось.

Климат планеты является составной её частью как системы, как целого. Система и её составляющие части подчинены закону причинно-следственных связей. Зафиксированные изменения в повышении температуры воздуха, уменьшении выпадения количества осадков на станциях островного типа и увеличение их на континентальных станциях, уменьшение частоты и количества явлений, а также сезонное и географическое распределение облачности являются следствием не только человеческой деятельности, но и изменений в поле атмосферного давления, как крупномасштабного явления. Кроме того, непосредственная близость представленных станций к Баренцеву и Белому морям, определяет их чувствительность ко всем изменениям параметров Атлантического и Северного Ледовитого океанов.

Полученные результаты исследования хотя и не дают исчерпывающих ответов на все вопросы климатологии региона исследования, однако, могут служить хорошим банком данных в практической работе для широкого круга потребителей.

С целью более детального изучения особенностей климата Заполярья ЕТР требуется провести дополнительные исследования с увеличением количества станций и выборки метеорологических данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Матвеев, Л.Т. Физика атмосферы, СПб.: Гидрометеиздат, 2000г., 780 с.;
2. Андреев А.О., Дукальская М.В., Головина Е.Г., «Облака, происхождение, классификация, распознавание». Санкт-Петербург, издательство РГГМУ, 2007г. – 228с.;
3. Гуральник И.И., Дубинский Г.П., Мамиконova С.В. «Метеорология». Ленинград, Гидрометеиздат, 1972г. – 415с.;
4. Сайт Информационного агентства «СеверПост.ru», URL: <https://severpost.ru/read/101324/>.
5. Картамышева, Н. С. «Арктика и развитие арктической зоны» / Н. С. Картамышева, А. С. Биекенова. — Текст: // Молодой ученый. — 2015г. № 13 (93), 333-337с. — URL: <https://moluch.ru/archive/93/20714/>;
6. Указ Президента РФ № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации», от 02.05.2014 года;
7. Макиевский С.И., Никонов А.А. «О рельефе, геологической структуре и их взаимоотношении в западной части Кольского полуострова». Ленинград, Наука, 1964г.;
8. Лаптева Е.М. Современное состояние ландшафтов долины р.Печоры Экология и рациональное природопользование на рубеже веков, Томск, 2000г, 340с;
9. Полякова Т.Ю. Физическая география Ямало-Ненецкого автономного округа: Рабочая тетрадь, 2005г.;
10. Атлас Арктики, под редакцией Трешникова А. Ф – М.: ГУГиК, 1985г., 198 с.;
11. Труды Архангельского центра русского географического общества, Сборник научных статей Выпуск 2, статья «Человек в Арктике» В.С. Кузнецов. Национальный парк «Русская Арктика», Архангельск 2014г., 144-150с.с.;
12. Сайт Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-

МИЦД), URL:<http://meteo.ru/climate/197-nauchno-prikladnoj-spravochnik-klimat-rossii>;

13. Сайт компании ООО «Расписание Погоды», г. Санкт-Петербург, Россия, URL: <https://rp5.ru/docs/about/ru>;

14. Кашлева Л.В. Атмосферное электричество, Учебное пособие.— СПб.: Изд. РГГМУ, 2008 г., 116 с.;

15. Научно-прикладной справочник по климату СССР, выпуск 2 – Мурманская область. Ленинград, Гидрометеиздат 1988г., 314 с.

16. Научно-прикладной справочник по климату СССР, выпуск 1, том №1,2 – Архангельская и Вологодская области. Ленинград, Гидрометеиздат 1988г.

17. Александров Е.И., Брызгин Н.Н., Дементьев А.А. Метеорологический режим Арктического бассейна (по данным дрейфующих станций). Санкт-Петербург, Гидрометеиздат 1999г., 41 с.