



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

Кафедра МКОА  
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(бакалаврская работа)

На тему: «Температурный режим Мурманской области и его связь с изменением климата»

Исполнитель

Майоров Николай Алексеевич

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель

Кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Мханна Ааед Исмаил Назир

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

Кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Сероухова Ольга Станиславовна

(фамилия, имя, отчество)

«26» 05 2022 г.

Санкт-Петербург  
2022

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	1
1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	3
1.1. Географическое расположение. ....	3
1.2. Геология Мурманской области. ....	4
1.3. Физическая характеристика Мурманской области. ....	4
1.4. Растительность Мурманской области.....	6
1.5. Районирование Мурманской области. ....	7
2. ОСНОВНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ФАКТОРЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ КЛИМАТ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ. ....	10
2.1. Температура воздуха.....	10
2.2. Влажность воздуха.....	12
2.3. Атмосферное давление .....	15
2.4. Ветер в Мурманской области.....	16
2.5. Осадки в Мурманской области.....	17
3. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕГО АНАЛИЗ .....	19
3.1. Исследование многолетнего температурного режима Мурманской области за период с 1936 по 2020 год.....	19
3.2. Исследование сезонного температурного режима за период с 2005 по 2021 год. ....	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	40
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	42

## ВВЕДЕНИЕ

Температурный режим – это ключевой фактор определяющий климат. В настоящее время изменение климата одна из важнейших актуальных проблем человечества, так как за последние 100 лет климат стал меняться с большей интенсивностью. На всемирном экономическом форуме в Давосе (Швейцария) в 2020 году впервые было признано, что катастрофические изменения климата и снижение биоразнообразия стали самыми серьезными угрозами для всей планеты. Существуют внешние и внутренние факторы, за счет которых происходит процесс изменения климата [1; 2]. Величина Среднегодовой скорости потепления для России, за многолетний период практически не меняется, но межсезонные различия трендов гораздо заметнее, особенно на региональном уровне [3].

Поэтому изучение температурного режима и его влияния на изменение климата по месяцам и по отдельным годам **актуально** и имеет практическое значение.

**Целью** данной работы является изучение температурного режима Мурманской области и определение его влияния на изменение климата. Для этого будут использованы статистические многолетние данные характеристик погоды Мурманской области.

Для достижения данных целей были поставлены следующие задачи:

1. Описание физико-географических характеристик Мурманской области, такие как: географическое расположение, геология, рельеф, растительность Кольского полуострова, на основе которых определяется климатическое районирование, данные характеристики необходимы при изучении климата данного региона.
2. Определить основные факторы, метеорологические параметры, которые определяют климат в Мурманской области: температура и влажность воздуха, давление, ветер и осадки.

3. Сформировать базы исходных данных для приведения многолетних среднегодовых температур воздуха по годам и по месяцам в период с 1936 по 2020 год.
4. Провести анализ и определить интенсивность изменения климата на основе средних значений температуры воздуха за период с 2005 по 2021гг.
5. Провести расчеты для оценки влияния температурного режима на изменение климата в Мурманской области.

**Объектом** исследования бакалаврской работы является воздушный бассейн Мурманской области.

Для решения поставленных задач были использованы следующие материалы: многолетние среднегодовые температуры воздуха по годам и по месяцам, в период с 1936 по 2020 год;

#### **Методы исследования**

Основные методы исследования – компьютерная техника, а также статистический и пространственный анализ результатов.

Данная работа актуальна для повышения информационного обеспечения применительно как для народного хозяйства, так и для улучшения качества жизни жителей такого крупного региона, как Мурманская область.

Были использованы данные сайтов: <https://rp5.ru/>, а также <http://meteo.ru/>

Представленная бакалаврская работа состоит из введения, 3 глав и заключения. Текст содержит 22 рисунка и 7 таблиц. Список использованной литературы насчитывает 12 наименований.

# 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

## 1.1. Географическое расположение.

Мурманская область расположена на Кольском полуострове, на северо-западе европейской части России, ее географические координаты: ( $66^{\circ}03'$ — $69^{\circ}57'$  с. ш. и  $28^{\circ}30'$ — $41^{\circ}26'$  в. д.) практически вся территория находится за полярным кругом. С севера омывается Баренцевым морем, на востоке и юго-востоке Белым морем. На юге проходит граница с республикой Карелией, на западе с Финляндией и Норвегией. Мурманская область простирается с севера на юг примерно на 400 км., а с запада на восток приблизительно на 580 км.

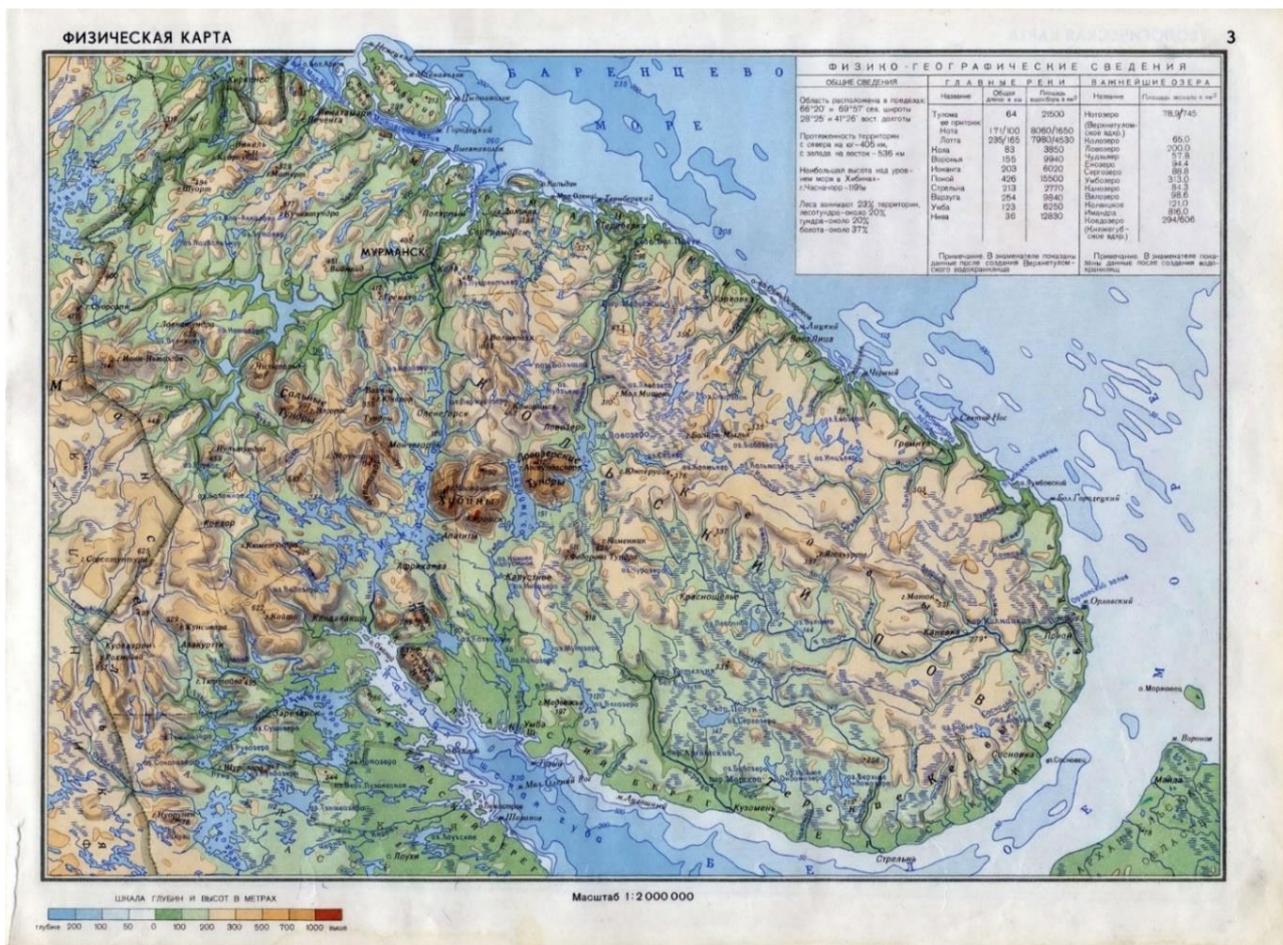


Рисунок 1. – Физическая карта Мурманской области [6].

## **1.2. Геология Мурманской области.**

Мурманская область расположена на северо-восточной части Балтийского кристаллического щита, который сложен породами раннего докембрия, возраст насчитывает 3,2 – 1,7 млрд. лет. На протяжении геологической истории развития, территория отличалась интенсивным проявлением магматической деятельности.

Среди интрузивных пород (горные породы, сформировавшиеся в результате застывания магмы) наибольшее распространение получили гранитоиды, особенно на ранних этапах развития, затем комплексы основных и ультраосновных пород и, наконец, уникальные массивы нефелиновых сиенитов в Хибинах [7]. Четвертичные отложения, перекрывающие коренные породы, представлены песчаными и супесчаными, сильно завалуненными моренами (неоднородная смесь обломочного материала — от гигантских глыб, имеющих до нескольких сотен метров в поперечнике, до глинистого материала, образованного в результате перетирания обломков при движении ледника), а на востоке области — суглинками.

## **1.3. Физическая характеристика Мурманской области.**

По характеру рельефа Мурманская область делится на западную и восточные части, западная на материке и восточная на полуострове.

Рельеф Мурманской области разнообразен, в западной части встречаются большие горные массивы высотой до 1000 и немного более метров. При этом здесь проходит по меридиану глубокая впадина, в ней расположены крупнейшее в области озеро Имандра, а также бассейны рек Колы и Нивы. В среднем западная часть Мурманской области имеет высоты 100-200 метров.

В северной части вдоль Баренцева моря от государственной границы до реки Вороньей проходит холмистое плато высотой около 200-250 метров, так же встречаются и горы, высоты которых достигают 350-450 метров, у побережья плато обрывается, образуя крутые скалистые берега 100-150 метров и фиорды. Самым крупным из фиордов является Кольский залив, его длина составляет более 50 км, данный залив не замерзает зимой, только в сильные морозы на несколько дней, что происходит не часто.

Ближе к центральной части Мурманской области расположен центральный, горный район, он начинается неподалеку от государственной граница РФ и проходит в стороны востока до озера Ловозеро. Данный район делится на отдельные горные массивы долинами рек Печи и Мончи, а также глубокими впадинами крупных озер – Монче, Имандра и др. Здесь встречаются горные массивы разных высот, среди них можно выделить ряд самых высоких: Рослин-тундры (650 м). Чуна и Монча-тундры (600 – 700 м), Сальные тундры (990 м), Вольчьи тундры (900 – 1000 м). Самые высокие горы – Хибиньы, они расположены между озерами Имандра и Умбозеро высотой до 1200 метров, наивысшие точки: Юдычвумчорр (1200 м), Часначорр (1189 м), Путеличорр (1111 м). К югу от Хибин и восточнее южного берега озера Имандра до среднего течения реки Умбы расположена холмистая Имандра-Умбская низина высотой 100 – 150 м.

Восточная, полуостровная, часть Мурманской области характеризуется преобладающим мелко и крупнохолмистым рельефом. Рельеф побережья Баренцева моря в восточной части Мурманской области такой же, как и в ее западной части. Он представляет собой приподнятое холмистое плато, которое вдоль берега Баренцева моря и Воронки Белого моря образует крупные склоны, высотой 50 – 60 м. Это плато пересечено множеством поперечных трещин и ущелий, по которым протекают реки Харловка, Восточная Лица и Иоканга, впадающие в Баренцево море. На востоке это плато прорезается одной из крупных рек области – Поноем, несущим свои воды в Белое море. [4].

Южная часть восточной части Мурманской области представляет собой равнину, понижающаяся к берегам Белого моря.

#### **1.4. Растительность Мурманской области.**

Характер растительности зависит от климатических условий, поэтому растительность играет немалую роль в изучении температурного режима.

Для удобства растительность мурманской области разделена на 3 зоны: зона лишайников, зона лесотундры и зона хвойных лесов.

Зона лишайников включает также в себя моховые и кустарниковые тундры, они преимущественно распространяются на мурманском побережье и в северных районах терского побережья, в данной местности средняя температура летних месяцев ниже +10°C.

Южнее простирается зона лесотундры. Она занимает бассейны рек Печенги, Титовки и Западной Лицы, среднее течение реки Туломы, низовья рек Колы и Вороньей, и большую часть бассейна реки Поной. Растительность этой зоны представлена кустарниковыми и моховыми разновидностями, березовым криволесьем с примесью сосны. [4].

Зона хвойных распространяется в южных районах Мурманской области, по большому счету такие леса являются заболоченными, поэтому в таких лесах часто встречаются кустарники и травянисто-моховая растительность.

В Мурманской области встречаются рельефные горные районы, поэтому для полной характеристики существует и вертикальная зональность растительного покрова, менее 400 м преимущественно занимает лесная растительность, от 400 до 600 м преобладают березовое криволесье и кустарники, на высотах более 600 м также распространены кустарники и встречается большое количество лишайников. На южной стороне где Солнце освещает большую площадь, покрывающая склоны гор растительность, приподнимается до 500 м.

## 1.5. Районирование Мурманской области.

Для более точного описания климатических условий Мурманская область была разделена Г. Д. Рихтером по характеру рельефа на 18 районов: 1) Рыбачий и Средний полуострова, 2) Остров Кильдин, 3) Западно-Мурманское побережье, 4) Туломо-Нотозерская впадина, 5) Центральные горные массивы, 6) Южная, озерная низина, 7) Юго-западный район, 8) Ковдозерская равнина, 9) Восточно-Мурманский берег, 10) Хибины, 11) Ловозерские тундры, 12) Имандро-Умбская низина, 13) Кандалакшские горы, 14) Юго-восточный Мурман и северная часть Терского берега, 15) Кейвы, 16) Центральная болотистая равнина, 17) Нижне-Понойский район и 18) Южная часть Кольского полуострова [4].

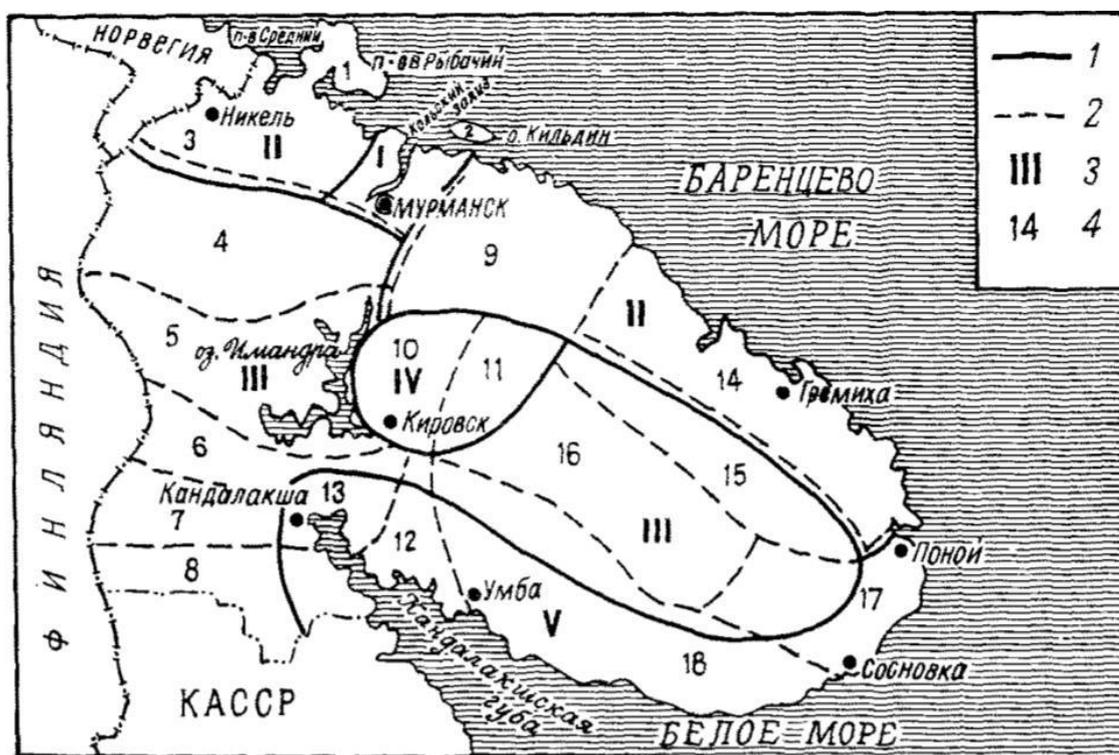


Рисунок 2. Схема районирования Мурманской области [7].

На схеме районирования Мурманской области арабскими цифрами и пунктирными линиями обозначено геоморфологическое районирование, а римскими цифрами и сплошными линиями – климатическое.

По характеру рельефа и растительности 1, 2, 3, 9 и 14 районы - совершенно аналогичны. Все они находятся под непосредственным воздействием Баренцева моря и поэтому имеют свой характерный, наиболее резко выраженный морской климат. Поэтому при климатическом районировании мурманской области, они могут быть объединены в одну климатическую зону – Мурманское побережье Баренцева моря (2 район). Правда, климат этой зоны на всем ее протяжении от Рыбачьего до мыса Орловского нельзя считать однородным. Так как мурманское побережье подвержено непосредственному влиянию со стороны Баренцева моря, у которого температура воды понижается с запада на восток, то, поэтому, в том же направлении меняется и характер климата. Однако, локальное изменение отдельных элементов погоды идет вдоль побережья довольно плавно, сохраняя везде общие черты типичного морского климата. [4].

Зону Кольского залива можно отнести к уникальной климатической зоне Мурманской области, так как Кольский залив глубоко простирается в сторону суши и с обеих сторон обособлен сопками. Климат этого микрорайона разнообразен, на всем его протяжении от устьев рек Колы и Туломы, расположенных на южной окраине залива, до западной окраины острова Кильдин все метеорологические элементы значительно изменяются, особенно летом и зимой.[4].

Наиболее континентальный климат характерен для центральной части Кольского полуострова, она находится на расстоянии 50-70 км от Баренцева моря, а от Белого моря на 20-30 км, поэтому эта часть отдельный 3 район. Также в этот район входят западная часть 4, 5 и 16 районов, северная часть 7 и 8, и самые удаленные от побережий морей 17 части и половина 13 и 18 районов.

Для горных районов Хибин (10 и 11) с высотами более 1000 метров над уровнем моря, выделяется район 4, так как он имеет специфический горный климат.

Белое море хоть и небольшое, по сравнению с Баренцевым, но оно также оказывает влияние на климат южного побережья Мурманской области. Влияние Белого моря уменьшается зимой, за счет того, что оно покрывается льдом. Пока лед не сошел в Белом море: весной, иногда в июне, и в конце осени и в начале зимы, когда Белое море еще поддерживает более менее высокую температуру воды, вдоль береговой зоны возникают контрасты температуры воздуха, с ними связаны другие особенности климата побережья. Влияние Белого моря далеко в глубь Кольского полуострова не распространяется и ограничивается относительно небольшой зоной терского побережья и побережья Кандалакшского залива. Поэтому при описании климата Мурманской области выделяется отдельный район и побережье Белого моря (5 район), южную половину 18, 12 и 13 районов и восточную часть 7 и 8 районов по схеме Г. Д. Рихтера [4].

## **2. ОСНОВНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ФАКТОРЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ КЛИМАТ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.**

### **2.1. Температура воздуха.**

Температура важнейшая метеорологическая характеристика, которая является ключевой в изучении температурного режима. Температура зависит от нескольких факторов. В первую очередь географическое расположение, почти вся территория Мурманской области находится за полярным кругом, отсюда следует что в общем и целом температуры невысокие, соответственно лето редко бывает жарким. но при этом зима не самая холодная, температуры редко опускаются до очень низких температур, это связано с адвекцией воздушных масс с моря, оно является большим источником тепла. За счет тепла, приходящего с моря, средняя температура воздуха на Кольском полуострове в зимний сезон значительно превышает среднюю температуру на широтах Кольского полуострова. Вследствие этого, средняя температура воздуха за год во всех район области, по большей мере в районах у северного побережья, оказывается аномально высокой для данных широт. Весной влияние моря на температурный режим снижается, а контрасты температуры на обоих побережьях становятся менее выраженными.

Восточная часть Кольского полуострова значительно холоднее, чем западная, разница температур связана с наличием льдов в Белом море. Летом наиболее высокая средняя сезонная температура наблюдается в более удаленных районах от Баренцева и востока Белого морей. Осенью Баренцево и Белое моря оказывают примерно такое же влияние, как и весной. На терском, мурманском побережьях и на побережье озера Имандра, осенью температура выше, по сравнению с другими районами. При движении от центра полуострова в сторону морей, температура понижается.

Отепляющее влияние Баренцева моря и, в частности теплых вод Нордкапского течения, наиболее резко сказывается зимой [4]. Под влиянием притока тепла с Баренцева моря и выхолаживания над сушей в северо-западных районах Мурманской области формируется очень высокий контраст температуры [4].

Мурманская область находится на границе между обширным материком на юге, и обширной акваторией Баренцева моря на севере. За счет адвекции воздушных масс с теплой суши, несмотря на относительную невысокую повторяемость таких ситуаций в теплую часть года, средняя температура лета в Мурманской области немного выше средней широтной [4].

Наиболее высокая средне годовая температура наблюдается в западных районах мурманского побережья и на побережье Кандалакшского залива. По направлению к востоку – на мурманском и терском побережьях – средняя годовая температура постепенно понижается, достигая на побережье воронки и горла Белого моря –  $1,6^{\circ} - 1,8^{\circ}$  [4].

Также одним из факторов влияющим на температуру является рельеф местности. В самых высокогорных районах мурманской области (высоты более 1000 м) наблюдаются самые низкие среднегодовые температуры.

Распределение абсолютных максимумов температуры на Кольском полуострове в любом из месяцев более или менее однородно. Это объясняется тем, что абсолютные максимумы температуры вызываются адвекцией наиболее теплых масс воздуха и наблюдаются при больших скоростях ветра. В этом случае влияние местных условий на распределение максимальной температуры сглаживается. Однако лето, в начале осени и в конце весны, когда самые высокие температуры вызываются адвекцией теплого воздуха с материка, т.е. ветрами южных или юго-западных направлений, на востоке терского побережья максимальные температуры ниже, чем в других районах Кольского полуострова. Понижение абсолютных максимумов здесь вызвано охлаждением теплого континентального воздуха над поверхностью более холодной воды Белого моря. [4].

В центральных и низменных районах Кольского полуострова самые минимальные температуры наблюдаются в декабре, январе и феврале, а самые высокие максимальные температуры – в июне и в июле, т. е. в периоды крайних значений среднемесячного радиационного баланса. [4].

2016 год самый теплый год за период наблюдений с 1936 по 2021 год, в этом году средняя годовая температура воздуха была выше на 2,6°С средней климатической.

## **2.2. Влажность воздуха.**

Влажность – особенно важный метеорологический параметр для изучения климата Мурманской области, так как Кольский полуостров омывается морями с севера, востока и юга. Соответственно преобладают воздушные приходящие с моря в зимнее время года, а также в переходные сезоны, испарения с поверхности болот летом и осенью, а также приток влаги с Баренцева и Белого морей, эти факторы создают на Кольском полуострове высокий процент влажности на протяжении большей части года.

Территориальное распределение относительной влажности на Кольском полуострове весной, летом, осенью и зимой.

Весной относительная влажность составляет от 68-70% до 85-87%. Самые низкие значения наблюдаются в Туломо-Нотозерской впадине и в большей части Южно-озерной и Имандро-Умбской низинах. Самые высокие значение относительная влажность достигает в высокогорных районах Хибинских и Ловозерских тундр (85-87%). К западу от линии Умба – Краснощелье – Воронья – Териберка и к югу от линии Териберка – остров Кильдин – Ура и Тюва-Губа. На терском побережье относительная влажность увеличивается в восточном направлении, от 70% в районе Умбы, в районе острова Сосновца достигает 85%. На мурманском побережье относительная влажность колеблется от 75% до 84%.

Летом относительная влажность колеблется от 68-75% до 85-86%. Самые низкие значения наблюдаются в центральных районах Мурманской области, в том числе и высокогорные районы (тундры Хибин), а также низкая относительная влажность менее 75% на берегу Кандалакшского залива. На мурманском побережье из-за преобладающих ветров с севера, относительная влажность повышается до 80-84%. На терском побережье также как и весной относительная влажность увеличивается в направлении к востоку, она быстро повышается от 75% в районе Умбы, до 85-86% в районе островов Сосновец и Поной. Можно сделать следующий вывод исходя из данной статистики: летом на побережье Кольского полуострова идет быстрое снижение относительной влажности в сторону суши.

Осенью относительная влажность в общем и целом выше, чем летом, она колеблется от 80% до 90%. Самые высокие проценты влажности в высокогорных районах 85-90%, а самые низкие значения для осени, это 80%, такая относительная влажность характерна для Печенгского района. В юго-восточной части Мурманской области относительная влажность составляет 85-87%, в том числе и на юго-восточном побережье, от мыса Святой Нос до Кузомени.

В зимнее время года относительная влажность имеет самые высокие значения по сравнению с другими сезонами. На мурманском побережье в сторону запада от линии Кола – Кандалакша, относительная влажность достигает максимальных значений до 85%. В остальных районах она может повышаться до 90%.

Годовой ход относительной влажности на Кольском полуострове, в районах, удаленных от побережья, обратен ходу температуры. Однако максимальные и минимальные величины относительной влажности наступают на 1-2 месяца раньше, чем минимальные и максимальные значения температуры. По статистике годовой максимум относительной влажности для большинства станций расположенных на материке приходится на ноябрь и декабрь, а минимум температуры – на февраль. Минимум относительной влажности наблюдается в июне, что на месяц раньше, чем наступление годового максимума температуры. В среднем температура весной на 1-2 градуса ниже чем осенью, а относительная влажность выше осенью, чем весной на 6-10%. Средняя амплитуда годового хода относительной влажности достигает в материковых районах Мурманской области 20-22%.

Суточный ход относительной влажности хорошо выражен во время антициклона, при осадках или переноса воздуха с моря он может искажаться. Когда выпадают осадки на суше или при адвекции с моря на побережье Кольского полуострова, относительная влажность, летом может быть выше 80% днем. В зимнее время днем, высокая влажность является типичным явлением, по статистике относительная влажность, равняющаяся 80% в 13 часов, достигает 20-26 дней за месяц, а на побережье почти весь месяц. Летом таких дней не более 8 в центральных районах Мурманской области, и до 10-12 дней на побережьях.

В редких случаях бывает и низкая относительная влажность, достигающая 30% и меньше. Так сильно понижается относительная влажность за счет быстрого прогрева холодного воздуха, во время антициклона при ясной погоде.

### 2.3. Атмосферное давление

Распределение среднего сезонного атмосферного давления в Мурманской области носит муссонный характер. Самое высокое давление для зимнего времени года характерно для южной части Мурманской области, давление постепенно опускается в направлении на север и северо-запад, самое минимальное давление над полуостровом Рыбачий. Аналогичным образом давление распределяется зимой и осенью. Барический градиент направлен к северу или северо-западу, осенью меньше, чем в зимний период. Летом наиболее высокое давление наблюдается на мурманском побережье, оно растет с востока на запад. Средний барический градиент направлен к югу летом, в летнее время градиент меньше чем осенью и весной, и еще значительней разница зимой.

Годовой ход атмосферного давления для всех станций Мурманской области одинаков и аналогичен для других районов, расположенных вблизи Баренцева моря. Он имеет резко выраженный максимум в мае и минимумы в ноябре и январе. Значительное повышение давления в мае связано с заметным увеличением повторяемости антициклонов в этом месяце, при сохранении интенсивности последних, обычной для холодного полугодия. [4].

Летом, давление понижается, так как интенсивность антициклонов летом над сушей гораздо меньше, чем зимой и весной. Давление продолжает понижаться осенью и до зимы. Это связано с увеличением повторяемости и интенсивности циклонических процессов над северной частью Атлантического океана, Баренцевым морем и северными районами Европейского материка.

В зависимости от преобладания циклонических или антициклонических барических образований.

Максимальные и минимальные значения атмосферного давления характерны для зимы. Из-за увеличения средней скорости циклонов и антициклонов зимой и уменьшением ее в летнее время, а также с аналогичным изменением их интенсивности в течение года, межсуточная изменчивость атмосферного давления достигает максимальных значений зимой и минимальных летом.

## 2.4. Ветер в Мурманской области

Так же, как и давление, ветер в Мурманской области носит муссонный характер. Муссонный режим ветра зимой выражен преобладающими южными и юго-западными ветрами, а летом ветер имеет северо-западное направление. Самая высокая повторяемость муссонных ветров наблюдается на мурманском побережье и в Кольском заливе. Повторяемость муссонных ветров зимой до 38-47%, а в летнее время 23-26%.

В достаточно небольшой зоне мурманского побережья и вдоль Кольского залива в зимнее и летнее время наблюдаются наибольшие сезонные градиенты температуры, зимой они направлены в сторону суши, а летом – от берега. Термическая составляющая ветра направлена в противоположную сторону градиента температуры.

В центральных районах Кольского полуострова, удаленных от побережья, сезонные термические составляющие ветра исчезают, так как контрасты температуры здесь сглаживаются или отсутствуют. В центре, Средняя скорость ветра и постоянность его направления больше зависят от местных условий рельефа, а не от барического градиента.

В узких долинах горной местности, ветер направлен вдоль долины или ущелья. В подобных районах бывает до двух преобладающих ветров. К примеру у Хибин большое высокая повторяемость юго-восточных и северо-западных ветров, это связано не с муссонным режимом, а с рельефом местности с вершинами до 1300 метров.

У Белого моря режим также имеет муссонный характер. Тут в зимнее и летнее время, барические градиенты, обусловленные сезонным перераспределением атмосферного давления, и термическое, связанные с контрастами температур суши и моря, направлены в одну сторону. Поэтому на побережье Белого моря термическая и барическая составляющие ветра противоположны по направлению, и это обстоятельство обуславливает

уменьшение средней скорости ветра и устойчивости его преобладающего направления.

Во всех районах Мурманской области есть суточный ход скорости ветра. Максимальные значения наблюдаются в полуденные часы, а минимумы в вечерние или ночные сроки. Суточный ход скорости ветра зависит от суточного хода радиационного баланса и температуры воздуха. Скорость ветра увеличивается днем, в самое теплое время, а ночью во время выхолаживания, идет на спад. Поэтому суточный ход скорости ветра хорошо выражен при антициклонической и малооблачной погоде, а при циклонической, пасмурной или облачной погоде становится менее выраженным.

## **2.5. Осадки в Мурманской области.**

В основном осадки в Мурманской области являются результатом циклонической и фронтальной деятельности, а также адвекция воздушных масс с высоким влагосодержанием и вертикальной неустойчивостью.

Характерным для Мурманской области является несоответствие между интенсивностью и повторяемостью циклонических и фронтальных процессов и количеством выпадающих осадков. Большое количество осадков на Кольском полуострове выпадает в виде обложных, и реже в виде ливневых и морозящих осадков.

Летом суточное количество осадков более 10 мм, что является обычным явлением даже над равнинами, которые находятся на расстоянии от горных массивов. Такие осадки повторяются несколько раз за сезон. В зимнее время года дни с осадками более 10 мм за сутки бывают пореже, но в сезон с декабря по март бывает не каждый год. Осадки более 20 мм за сутки зимой и весной выпадают только в горных районах, а в летнее время бывают один раз за сезон.

Летом осадки интенсивнее чем зимой, это связано с более высоким влагосодержанием в этот период. У поверхности земли средняя абсолютная влажность почти в пять раз больше в июле, чем в январе. В летнее время при

адвекции теплого и влажного воздуха с материка удельная влажность в нижнем 1,5 километровом слое может достигать даже на территории Кольского полуострова 8-12 граммов воды на 1 килограмм влажного воздуха [4].

С ноября по апрель влагосодержание континентального воздуха значительно уменьшается и уже не бывает таких обильных осадков, как в летнее и осеннее время. Это первая причина значительного уменьшения осадков зимой по сравнению с летом. Вторая причина заключается в том, что теплые и влажные массы воздуха, приходящие с Атлантического океана к Кольскому полуострову, преодолевая Скандинавские горы, оставляют там около 20-30% своего изначального влагосодержания. Летом теплые воздушные массы с континента по пути к Кольскому полуострову увеличивают свое влагосодержание за счет испаряющийся влаги с озер и болот северной таежной зоны.

В Мурманской области бывают обложные, ливневые и морозящие осадки. Обложные осадки выпадают во время прохождения циклонов. Продолжительность таких осадков от нескольких часов до целых суток и дольше. На Кольском полуострове обложные осадки в виде дождя или снега приносят самые большие суточные суммы осадков. Морозящие осадки выпадают на мурманском и на севере терского побережий, в основном в летнее время при адвекции воздушных масс с Баренцева моря. Морозящие осадки приводят к образованию гололеда при низких температурах воздуха. Суточные суммы морозящих осадков редко превышают 1 мм.

Ливневые осадки выпадают из облаков хорошо развитых по вертикали и с высоким влагосодержанием. Наиболее интенсивные осадки выпадают летом при адвекции теплых и влажных воздушных масс с материка. В зимнее время года ливневые осадки бывают гораздо реже и выпадают с меньшей интенсивностью.

### **3. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕГО АНАЛИЗ**

Практической задачей данной ВКР является установить связь между температурным режимом и изменением климата в Мурманской области. Для этого с сайта [meteo.ru](http://meteo.ru) [9] были взяты архивные данные средней температуры воздуха по Мурманску, в период с 1936 по 2020 год. Данные температуры были усреднены за каждый год (данные средней температуры воздуха за каждый год представлены в таблице 1).

#### **3.1. Исследование многолетнего температурного режима Мурманской области за период с 1936 по 2020 год.**

По 84 среднему значению температуры воздуха за каждый год данного периода, был построен график средней температуры за год в Мурманске (рисунок 3), также для большей наглядности построена гистограмма (рисунок 4). По графику хода средней температуры за год в Мурманске (рисунок 3), были найдены максимальные и минимальные средние значения температуры воздуха за год в период с 1936 по 2020 год.

Максимальные температуры воздуха для каждого десятилетия исследуемого периода: 1,3°C в 1943 г., 1,4°C в 1954 г., 1,4°C в 1961 г., 2,3°C в 1974 г., 2,4°C в 1989 г., 1,3°C в 1992 г., 2,1°C в 2005 г., 2,5°C в 2013, 2016 и 2020 годах. Минимальные температуры воздуха для каждого десятилетия исследуемого периода: -1,2°C в 1941 г., -1,9°C в 1955 г., -2,2°C в 1966 г., -1,6°C в 1971 г., -1,7°C в 1985 г., -1,6°C в 1998 г., -0,1°C в 2002 г., 0,6°C в 2019 году.

По данным максимумам и минимумам средних температур воздуха, можно сделать следующие выводы: за последние 20 лет, минимальные средние значения температуры стали положительными ( $>0^{\circ}\text{C}$ ), и составляют до  $0,6^{\circ}\text{C}$ , по сравнению с XX веком, когда в каждом десятилетии средние температуры были ниже нуля. По данным максимальных осредненных значений видно, что средняя температура стала выше и стала чаще составлять более  $2^{\circ}\text{C}$ , по сравнению с XX веком. Отсюда следует вывод, что температура постепенно увеличивается.

Таблица 1. Средние температуры за год в период с 1936 по 2020 год.

1936	1,3	1957	0,8	1978	-1,2	1999	0,1
1937	1,7	1958	-0,7	1979	-0,2	2000	1,9
1938	2,7	1959	1,6	1980	-0,8	2001	0,5
1939	0,3	1960	0,9	1981	-0,8	2002	-0,1
1940	-0,3	1961	1,4	1982	0,4	2003	1,4
1941	-1,2	1962	-0,1	1983	0,3	2004	1,7
1942	-1,1	1963	0,2	1984	1,1	2005	2,1
1943	1,5	1964	0,6	1985	-1,7	2006	1,2
1944	1,3	1965	-0,9	1986	-0,2	2007	1,7
1945	-0,6	1966	-2,2	1987	-0,8	2008	1,2
1946	0,7	1967	1,4	1988	0,1	2009	0,7
1947	0,0	1968	-1,4	1989	2,4	2010	0,3
1948	1,0	1969	-1,1	1990	1,2	2011	2,1
1949	0,9	1970	0,4	1991	0,8	2012	0,8
1950	1,3	1971	-1,6	1992	1,3	2013	2,5
1951	0,3	1972	1,9	1993	0,4	2014	1,4
1952	0,0	1973	-0,1	1994	1,0	2015	2,2
1953	1,4	1974	2,3	1995	0,6	2016	2,5
1954	1,4	1975	0,9	1996	0,8	2017	0,9
1955	-1,9	1976	-0,6	1997	0,2	2018	2,2
1956	-0,9	1977	-0,1	1998	-1,6	2019	0,6
						2020	2,5



Рисунок 3. График средней температуры за год в Мурманске в период с 1936 по 2020 г.



Рисунок 4. Гистограмма средней температуры за год в Мурманске в период с 1936 по 2020 г

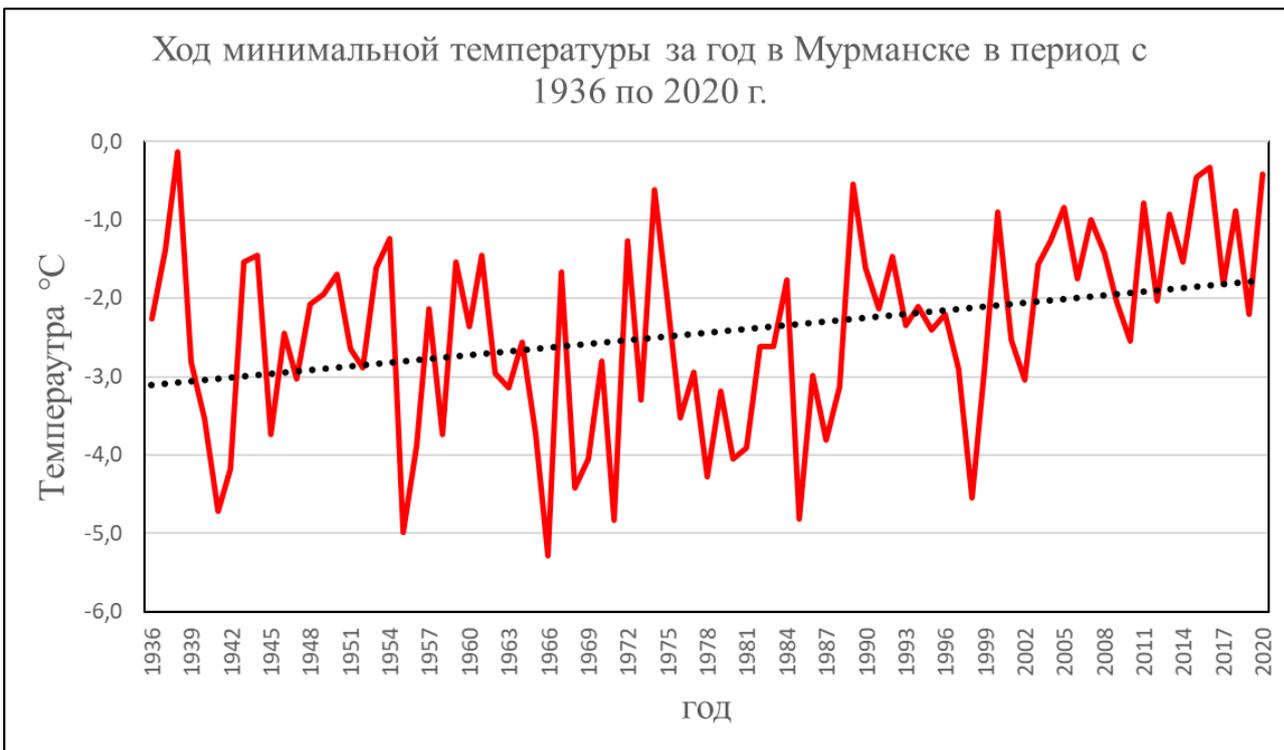


Рисунок 5. График минимальной температуры за год в Мурманске в период с 1936 по 2020 г

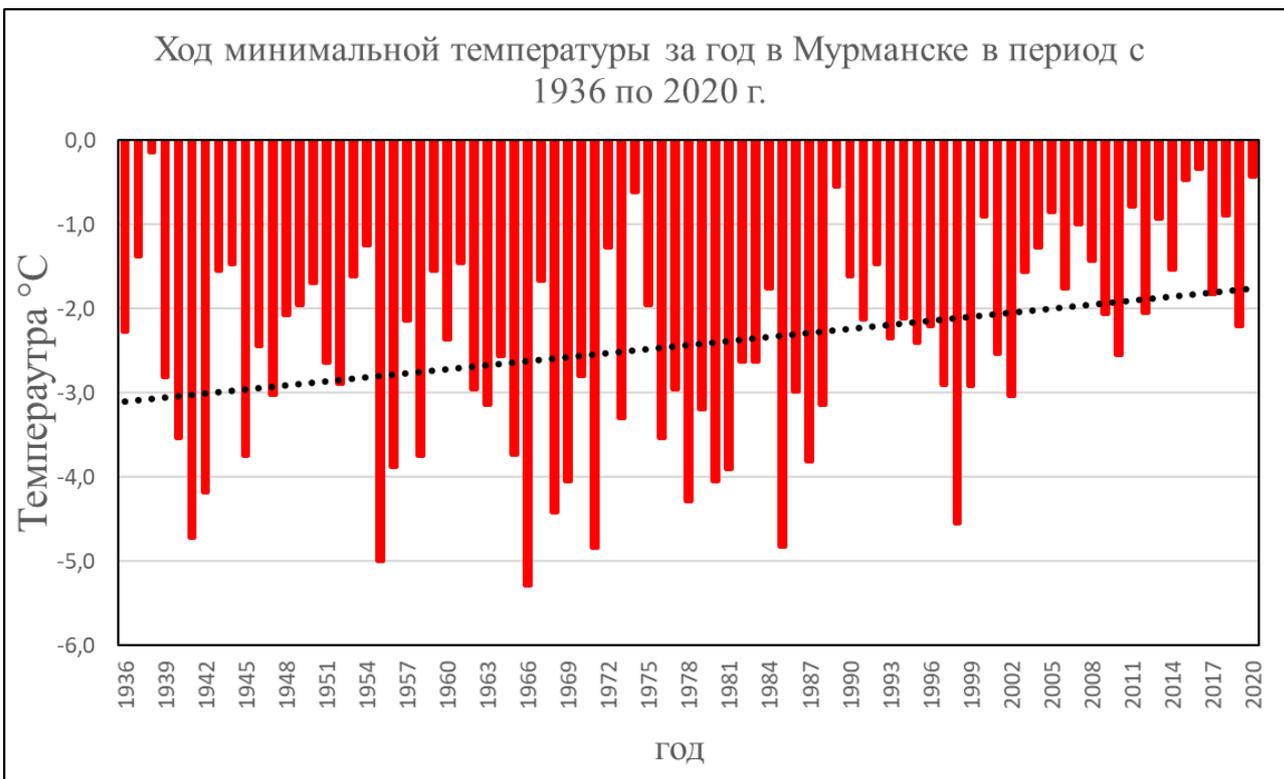


Рисунок 6. Гистограмма минимальной температуры за год в Мурманске в период с 1936 по 2020 г.

Таблица 2. Минимальные температуры за год в период с 1936 по 2020 год.

1936	-2,3	1957	-2,1	1978	-4,3	1999	-2,9
1937	-1,4	1958	-3,7	1979	-3,2	2000	-0,9
1938	-0,1	1959	-1,5	1980	-4,0	2001	-2,5
1939	-2,8	1960	-2,4	1981	-3,9	2002	-3,0
1940	-3,5	1961	-1,5	1982	-2,6	2003	-1,6
1941	-4,7	1962	-3,0	1983	-2,6	2004	-1,3
1942	-4,2	1963	-3,1	1984	-1,8	2005	-0,8
1943	-1,5	1964	-2,6	1985	-4,8	2006	-1,8
1944	-1,5	1965	-3,7	1986	-3,0	2007	-1,0
1945	-3,7	1966	-5,3	1987	-3,8	2008	-1,4
1946	-2,4	1967	-1,7	1988	-3,1	2009	-2,1
1947	-3,0	1968	-4,4	1989	-0,5	2010	-2,5
1948	-2,1	1969	-4,0	1990	-1,6	2011	-0,8
1949	-2,0	1970	-2,8	1991	-2,1	2012	-2,0
1950	-1,7	1971	-4,8	1992	-1,5	2013	-0,9
1951	-2,6	1972	-1,3	1993	-2,3	2014	-1,5
1952	-2,9	1973	-3,3	1994	-2,1	2015	-0,5
1953	-1,6	1974	-0,6	1995	-2,4	2016	-0,3
1954	-1,2	1975	-2,0	1996	-2,2	2017	-1,8
1955	-5,0	1976	-3,5	1997	-2,9	2018	-0,9
1956	-3,9	1977	-2,9	1998	-4,5	2019	-2,2
						2020	-0,4

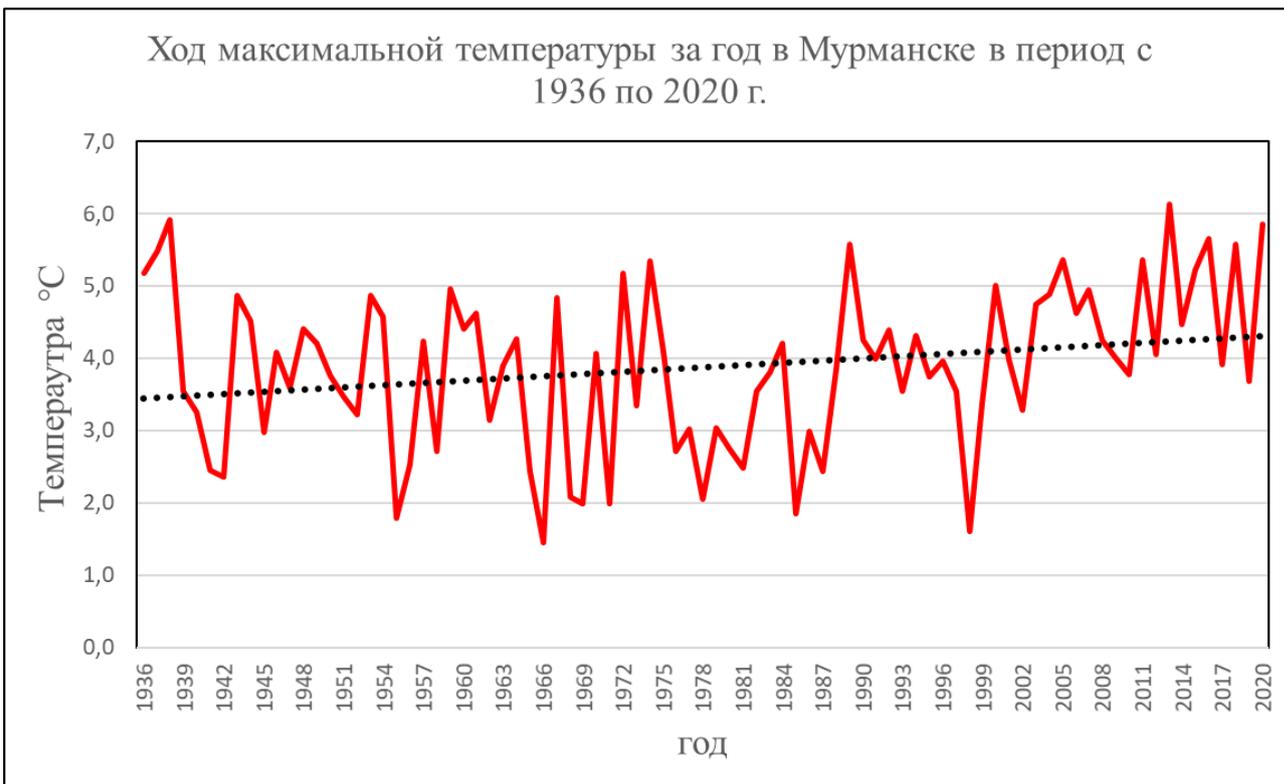


Рисунок 7. График максимальной температуры за год в Мурманске в период с 1936 по 2020

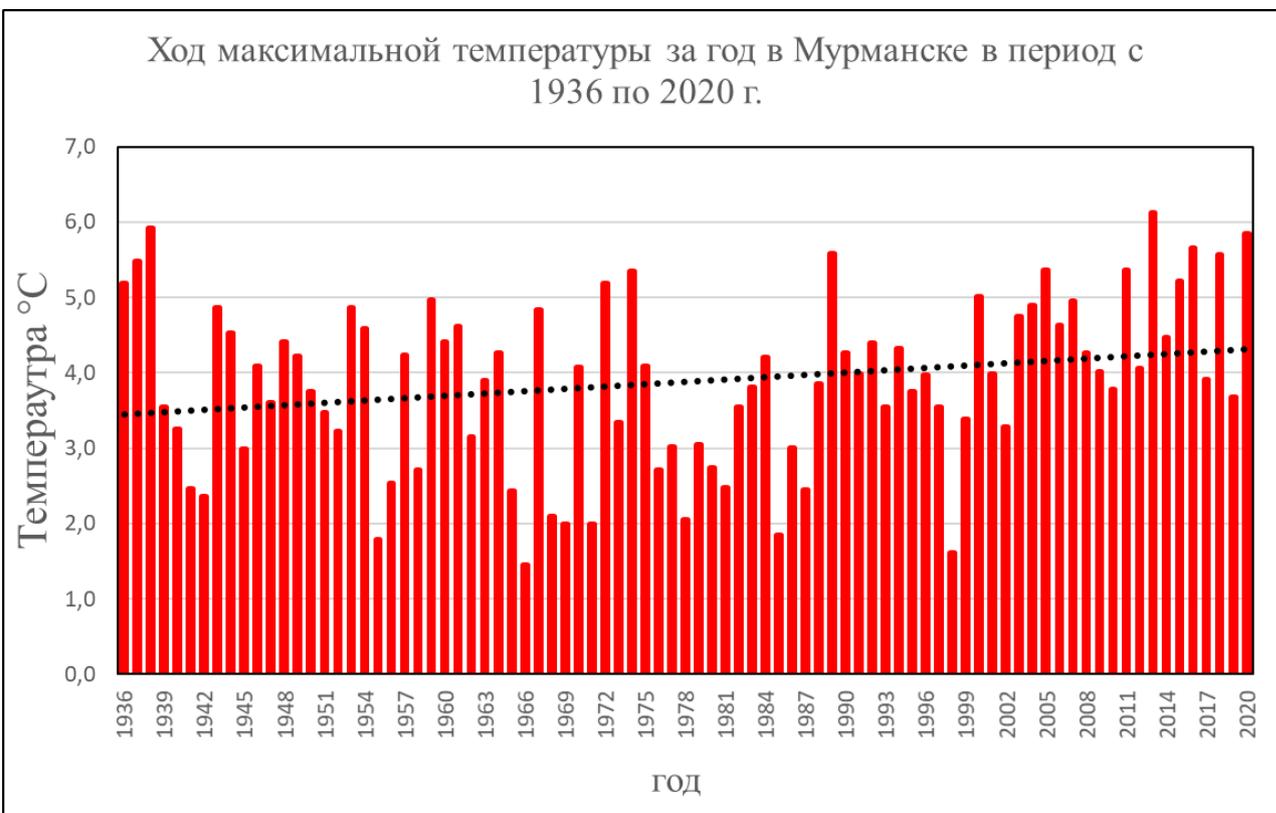


Рисунок 8. Гистограмма максимальной температуры за год в Мурманске в период с 1936 по 2020

Таблица 3. Максимальные температуры за год в период с 1936 по 2020 год.

1936	5,2	1957	4,2	1978	2,1	1999	3,4
1937	5,5	1958	2,7	1979	3,0	2000	5,0
1938	5,9	1959	5,0	1980	2,7	2001	4,0
1939	3,5	1960	4,4	1981	2,5	2002	3,3
1940	3,3	1961	4,6	1982	3,5	2003	4,7
1941	2,5	1962	3,1	1983	3,8	2004	4,9
1942	2,4	1963	3,9	1984	4,2	2005	5,4
1943	4,9	1964	4,3	1985	1,8	2006	4,6
1944	4,5	1965	2,4	1986	3,0	2007	4,9
1945	3,0	1966	1,5	1987	2,4	2008	4,3
1946	4,1	1967	4,8	1988	3,9	2009	4,0
1947	3,6	1968	2,1	1989	5,6	2010	3,8
1948	4,4	1969	2,0	1990	4,3	2011	5,4
1949	4,2	1970	4,1	1991	4,0	2012	4,1
1950	3,8	1971	2,0	1992	4,4	2013	6,1
1951	3,5	1972	5,2	1993	3,5	2014	4,5
1952	3,2	1973	3,3	1994	4,3	2015	5,2
1953	4,9	1974	5,3	1995	3,7	2016	5,7
1954	4,6	1975	4,1	1996	4,0	2017	3,9
1955	1,8	1976	2,7	1997	3,5	2018	5,6
1956	2,5	1977	3,0	1998	1,6	2019	3,7
						2020	5,9

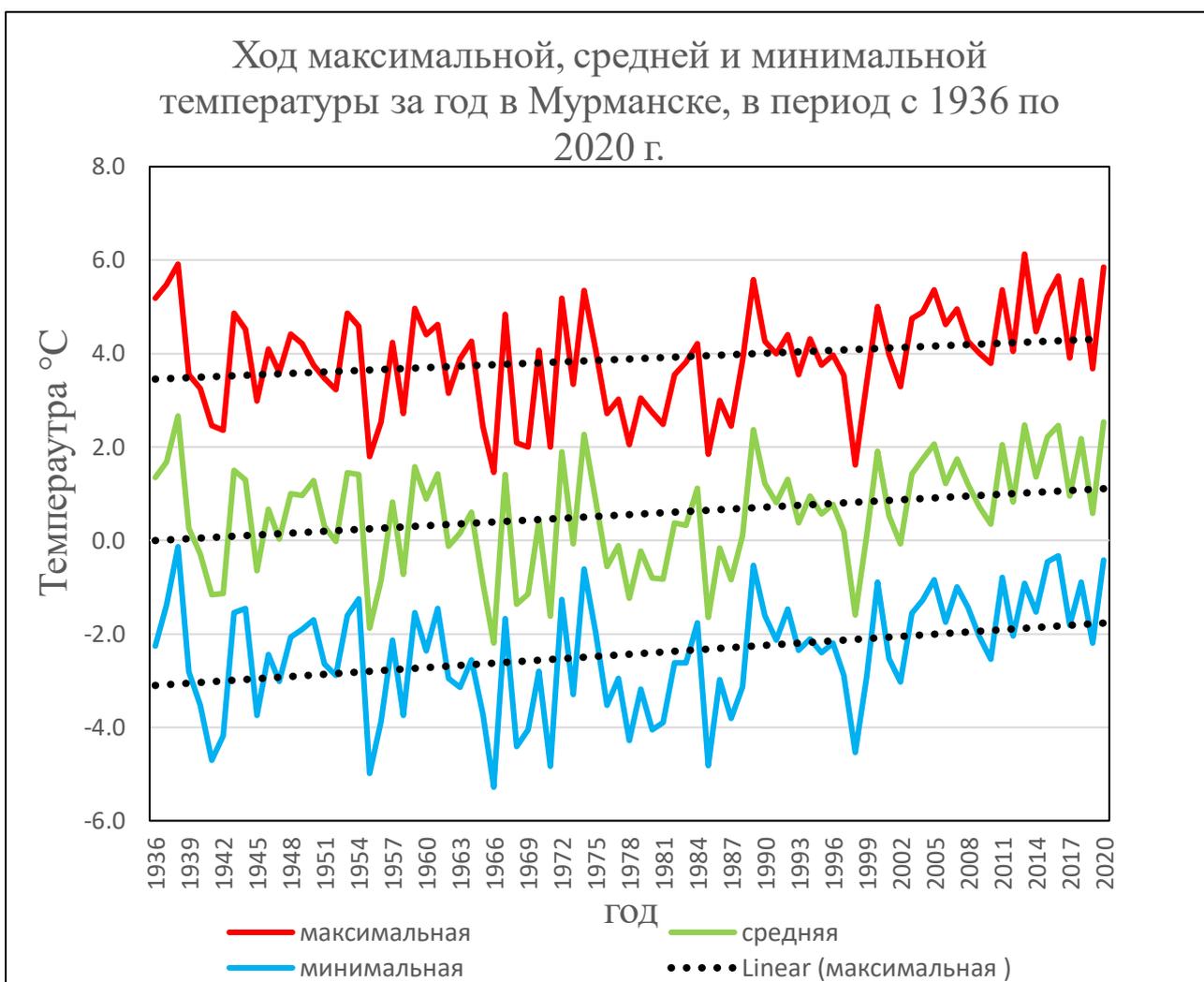


Рисунок 9. График максимальной, средней и минимальной температуры за год в Мурманске в период с 1936 по 2020 г.

На данном графике хода максимальной, средней и минимальной температуры за год в Мурманске в период с 1936 по 2020 год, можно отследить какие температурные максимумы были в тот или иной год, или наоборот найти самые холодные года. Линия тренда направлена вверх, что говорит о увеличении средней температуры.

### 3.2. Исследование сезонного температурного режима за период с 2005 по 2021 год.

Для более детального изучения самых теплых десятилетий, были взяты данные температуры воздуха за период с 2005 по 2021 г. на сайте [gp5.ru](http://gp5.ru). Данные были отсортированы по годам за каждый месяц. Далее по всем данным температуры воздуха за месяц, было проведено осреднение и построены графики, по которым можно наблюдать, как менялось среднее значение температуры воздуха по годам в обозначенный период, в определенный месяц.

Рассмотрим полученные графики и таблицы средних температур воздуха за месяц, по временам года.

#### *Зима.*



Рисунок 10. График средней температуры декабря в Мурманской области за каждый год.



Рисунок 11. График средней температуры января в Мурманской области за каждый год.



Рисунок 12. График средней температуры февраля в Мурманской области за каждый год.

Таблица 4. Осредненные температуры воздуха за декабрь, январь, февраль, в каждом году за исследуемый период.

Год / Месяц	Декабрь	Январь	Февраль
2005	-7,3	-	-7,1
2006	-3,3	-7,2	-10,8
2007	-1,6	-8,7	-16,8
2008	-2,7	-5,5	-6,7
2009	-8,7	-8,5	-11,2
2010	-9,8	-12,2	-12,4
2011	-2,1	-11,3	-16,6
2012	-12,2	-9,5	-10,9
2013	-5,8	-6,5	-7,6
2014	-7,2	-13,4	-4,2
2015	-5,8	-11,8	-5,7
2016	-4,9	-16,5	-4,9
2017	-8	-7,9	-7,6
2018	-5,4	-9,4	-10,6
2019	-4,5	-12,2	-9,5
2020	-5,4	-8,7	-5,8
2021	-9,2	-11,1	-12,9

Самые высокие средние температуры воздуха зимой составили  $-1,6^{\circ}\text{C}$  в 2007 г.,  $-5,5^{\circ}\text{C}$  в 2008 г.,  $-4,2^{\circ}\text{C}$  в 2014 г. Самые низкие средние температуры воздуха зимой составили  $-12,2^{\circ}\text{C}$  в 2012 г.,  $-16,5^{\circ}\text{C}$  в 2016 г.,  $-16,8^{\circ}\text{C}$  в 2007 году.

По данным графиков, в декабре и январе средняя температура имеет тенденцию на понижение температуры, а в феврале наоборот, на повышение.

## Весна

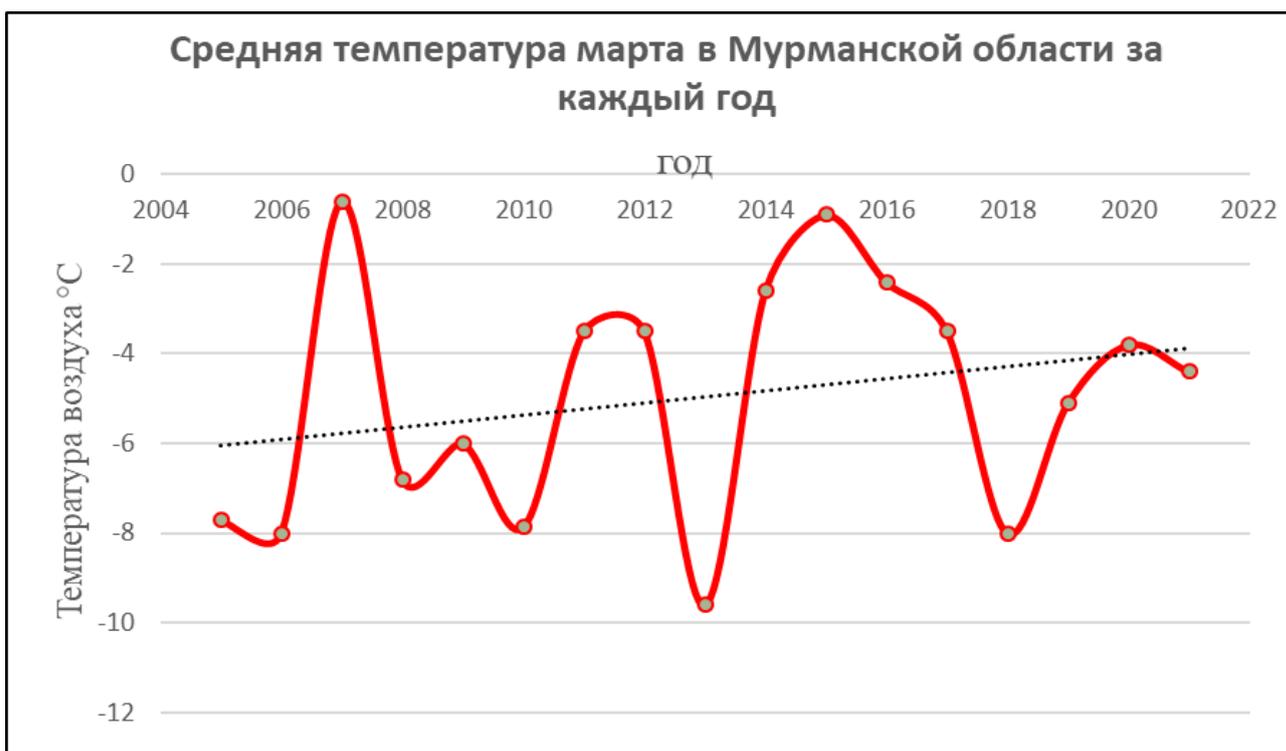


Рисунок 13. График средней температуры марта в Мурманской области за каждый год.

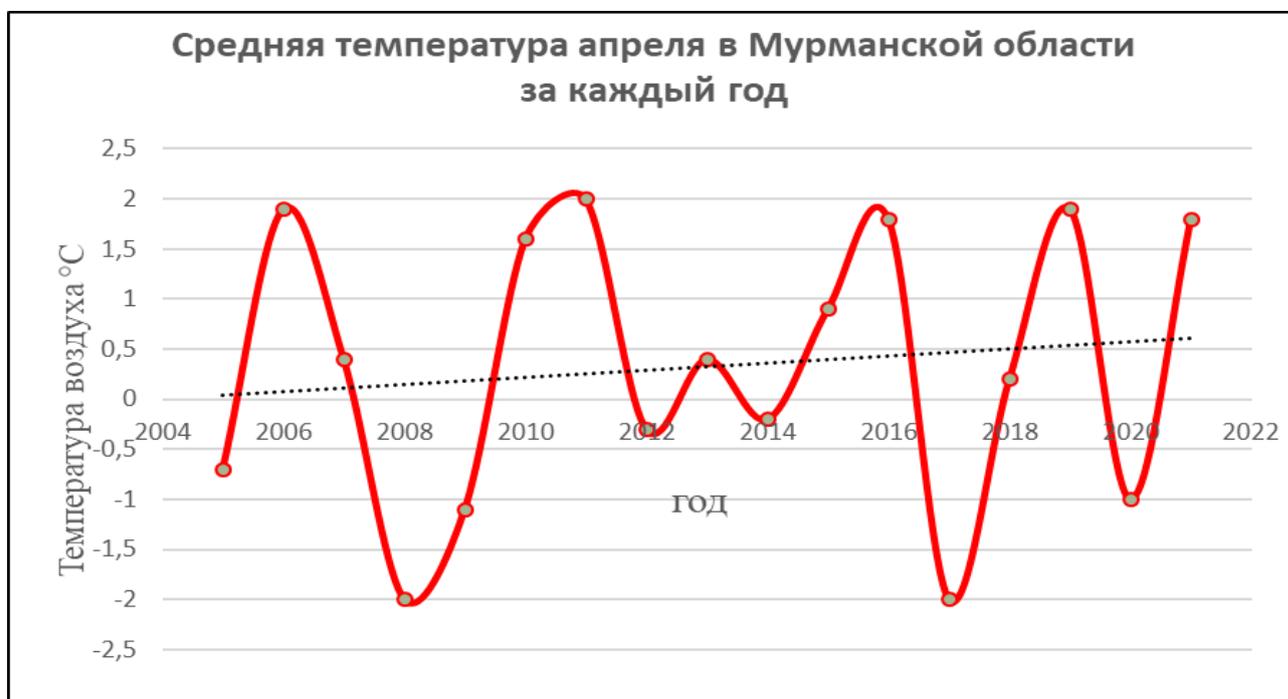


Рисунок 14. График средней температуры апреля в Мурманской области за каждый год.



Рисунок 15. График средней температуры мая в Мурманской области за каждый год.

По данным графиков можно сделать вывод, что весной во все 3 месяца, средняя температура имеет тенденцию на увеличение.

По таблице 5 можно сделать следующие выводы: Самые высокие средние температуры воздуха весной составили:  $-0,6^{\circ}\text{C}$  в 2007 г.,  $2^{\circ}\text{C}$  в 2011 г.,  $8,9^{\circ}\text{C}$  в 2016 г. А самые минимальные средние температуры воздуха составили:  $-9,6^{\circ}\text{C}$  в 2013 г.,  $-2^{\circ}\text{C}$  в 2008 и 2017 годах,  $2^{\circ}\text{C}$  в 2017 г.

Таблица 5. Осредненные температуры воздуха за март, апрель, май, в каждом году за исследуемый период.

Год / Месяц	Март	Апрель	Май
2005	-7,7	-0,7	4,3
2006	-8	1,9	5,6
2007	-0,6	0,4	4,2
2008	-6,8	-2	3,1
2009	-6	-1,1	4,9
2010	-7,86	1,6	6,2
2011	-3,5	2	5,6
2012	-3,5	-0,3	6,3
2013	-9,6	0,4	7,9
2014	-2,6	-0,2	4,2
2015	-0,9	0,9	6,9
2016	-2,4	1,8	8,9
2017	-3,5	-2	2
2018	-8	0,2	7,6
2019	-5,1	1,9	4,6
2020	-3,8	-1	5
2021	-4,4	1,8	3,6

### Лето



Рисунок 16. График средней температуры июня в Мурманской области за каждый год.

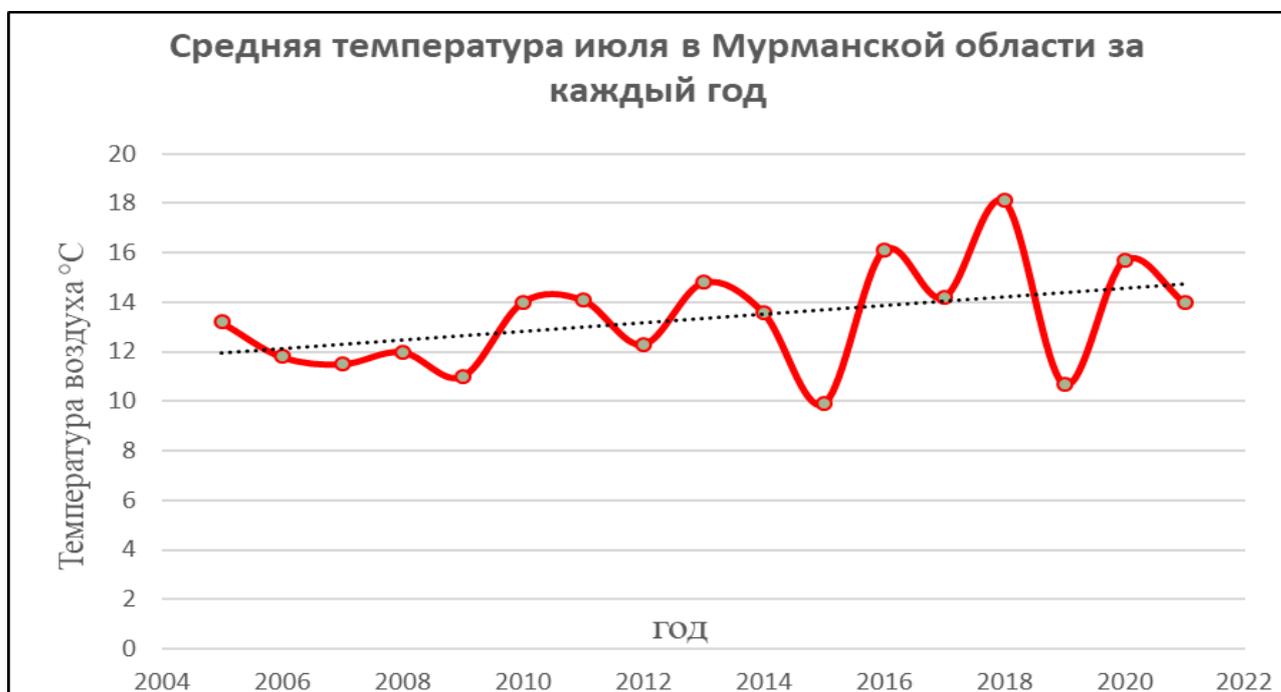


Рисунок 17. График средней температуры июля в Мурманской области за каждый год.

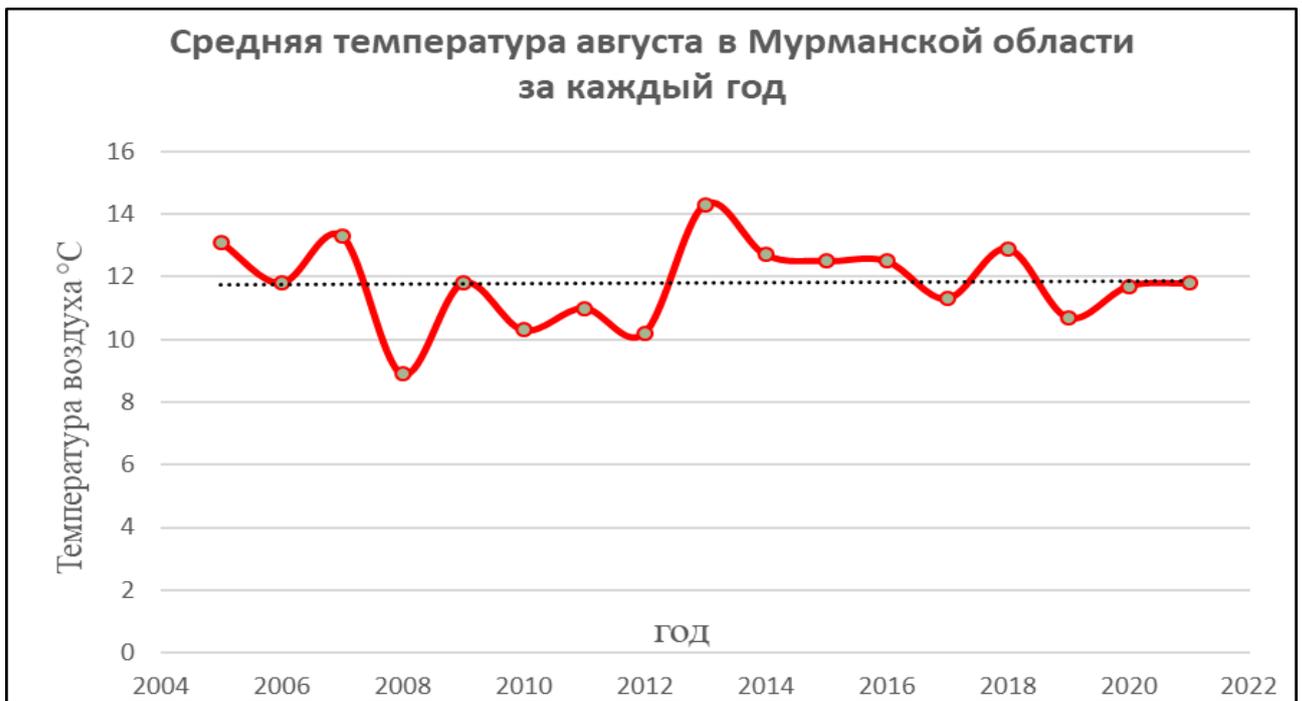


Рисунок 18. График средней температуры августа в Мурманской области за каждый год.

По графикам можно сделать вывод что во все 3 месяца летом, в период с 2005 по 2021 год, наблюдался рост средней температуры воздуха, особенно в июле.

По таблице 6 можно сделать следующие выводы: Самые высокие средние температуры воздуха летом составили: 13,9°C в 2013 г., 18,1°C в 2018 г., 14,3°C в 2013 г. А самые минимальные средние температуры воздуха составили: 6,8°C в 2017 г., 9,9°C в 2015 г., 8,9°C в 2008 г.

Таблица 6. Осредненные температуры воздуха за июнь, июль, август в каждом году за исследуемый период.

Год / Месяц	Июнь	Июль	Август
2005	11	13,2	13,1
2006	11,4	11,8	11,8
2007	8,4	11,5	13,3
2008	9	12	8,9
2009	8,2	11	11,8
2010	9	14	10,3
2011	11,3	14,1	11
2012	9,6	12,3	10,2
2013	13,9	14,8	14,3
2014	8,3	13,6	12,7
2015	9,8	9,9	12,5
2016	10,5	16,1	12,5
2017	6,8	14,2	11,3
2018	9,6	18,1	12,9
2019	8,6	10,7	10,7
2020	10,7	15,7	11,7
2021	13,1	14	11,8

## Осень

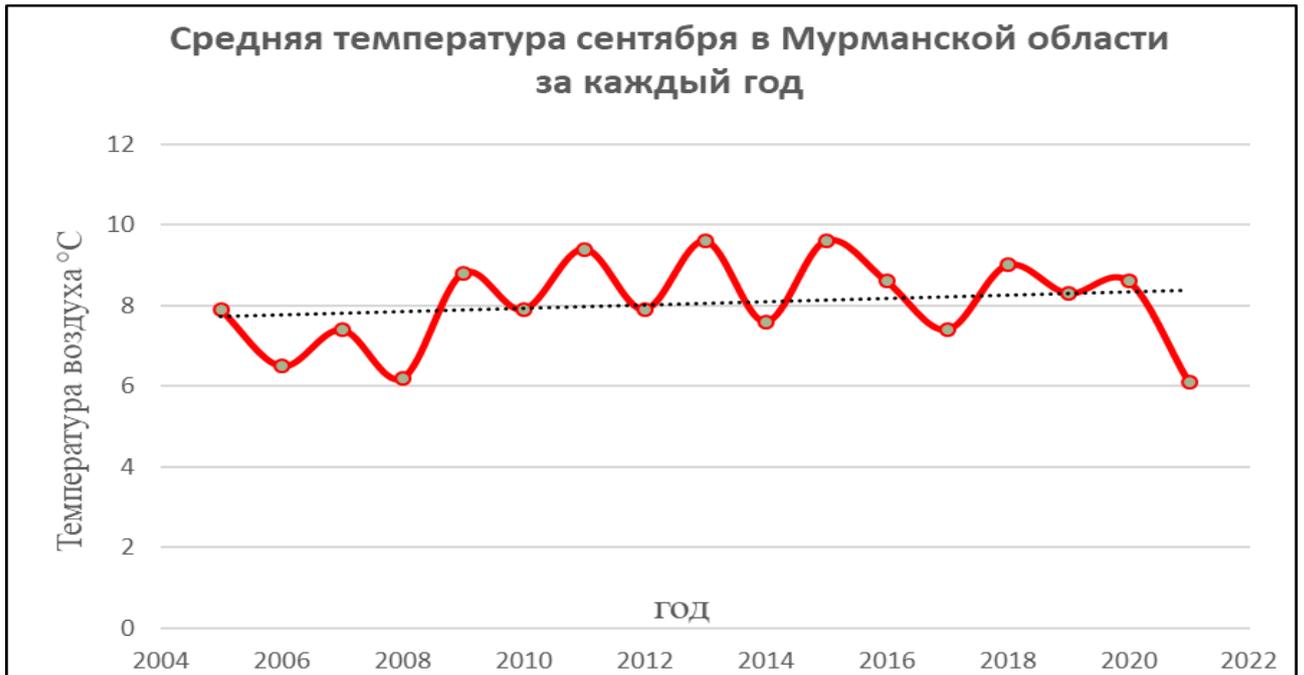


Рисунок 19. График средней температуры сентября в Мурманской области за каждый год.

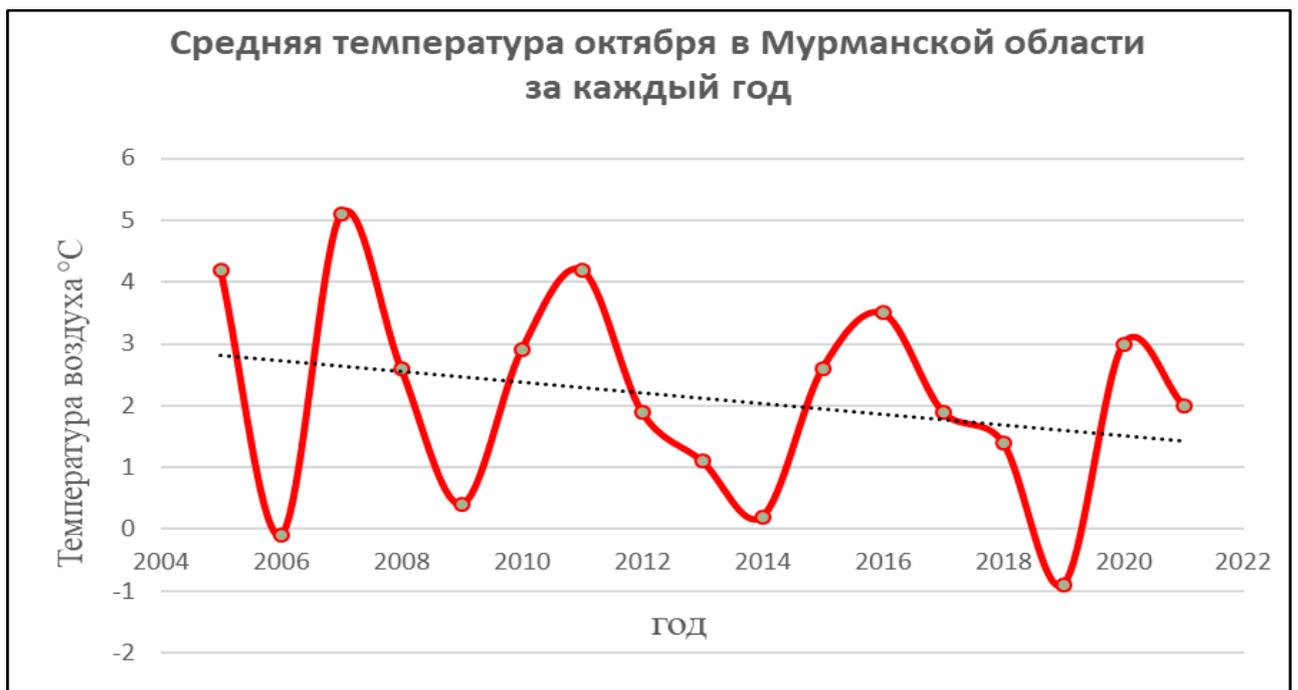


Рисунок 20. График средней температуры октября в Мурманской области за каждый год



Рисунок 21. График средней температуры ноября в Мурманской области за каждый год.

По графикам можно сделать вывод, что в осеннее время были разные тенденции изменения температуры. В сентябре тенденция средней температуры была направлена вверх, соответственно температура росла, в октябре наоборот, была направлена вниз, значит средняя температура воздуха понижалась и в ноябре, средняя температура воздуха также понижалась, но менее интенсивно.

По таблице 7 можно сделать следующие выводы: максимальная температура воздуха в сентябре составила  $9,6^{\circ}\text{C}$  в 2011, 2013 и 2015 годах. В октябре  $5,1^{\circ}\text{C}$  в 2007 году и в ноябре  $-6,3^{\circ}\text{C}$  в 2010 году.

Таблица 7. Осредненные температуры воздуха за сентябрь, октябрь, ноябрь в каждом году за исследуемый период.

Год / Месяц	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
2005	7,9	4,2	0,2
2006	6,5	-0,1	-6
2007	7,4	5,1	-3,4
2008	6,2	2,6	-4
2009	8,8	0,4	-1,8
2010	7,9	2,9	-6,3
2011	9,4	4,2	-1
2012	7,9	1,9	-2,3
2013	9,6	1,1	-3,4
2014	7,6	0,2	-3,1
2015	9,6	2,6	-2,1
2016	8,6	3,5	-3,8
2017	7,4	1,9	-3,7
2018	9	1,4	-0,1
2019	8,3	-0,9	-6,4
2020	8,6	3	0,2
2021	6,1	2	-5,5



Рисунок 22. Гистограмма тенденций потепления и похолодания в каждый месяц, за период времени с 2005 по 2021 год.

Для большей наглядности была построена гистограмма, которая показывает тенденции увеличения или понижения температуры за каждый месяц. По ней можно сделать вывод, что за период с 2005 по 2021 год, с февраля по сентябрь, происходит повышение средней температуры воздуха, а в январе, октябре, ноябре и декабре, температура имеет тенденцию понижаться. В итоге за последние 16 лет, 8 месяцев в году температура повышается и 4 месяца понижается, соответственно месяцев, когда температура имеет тенденцию повышаться больше в 2 раза, чем когда температура воздуха имеет тенденцию понижаться, отсюда следует вывод что, в общем и целом температура за последние 16 лет достаточно стремительно повышается.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главной целью исследования заключалась в изучении температурного режима Мурманской области и определение его влияния на изменение климата.

В процессе работы были выполнены следующие задачи:

1. Определены основные факторы, метеорологические параметры, которые определяют климат в Мурманской области: температура и влажность воздуха, давление, ветер и осадки.
2. Сформированы базы исходных данных многолетних средних годовых температур воздуха по годам и по месяцам в период с 1936 по 2020 год.
3. В данной работе был изучен температурный режим Мурманской области, для этого использовались многолетние данные средней температуры воздуха с сайта [meteo.ru](http://meteo.ru) в период времени с 1936 по 2021 год.
4. Проведен анализ и определена интенсивность изменения климата на основе средних значений температуры воздуха за период с 2005 по 2021гг.
5. Проведены расчеты для оценки влияния температурного режима на изменение климата в Мурманской области.

По построенным графикам, показан вековой тренд к потеплению, и сделаны следующие выводы: средняя температура воздуха постепенно увеличивается, соответственно происходит изменение климата, а именно температура на Кольском полуострове становится выше.

Далее для более детального изучения, были взяты данные за последние 16 лет с сайта [gr5.ru](http://gr5.ru) а именно за период с 2005 по 2021 год. Было произведено осреднение данных каждого месяца за каждый год, и по построенным графикам были сделаны следующие выводы: за период времени с 2005 по 2021 год, средняя температура воздуха постепенно увеличивается, но в холодное время наблюдается тенденция на понижение температуры воздуха в январе, октябре, ноябре и декабре. Так как температура воздуха имела тенденцию на увеличение в восьми месяцах за год, а на понижение только в четырех, то это означает, что за последние 16 лет температура постепенно увеличивается, что говорит об изменении климата и от том, что процесс потепления носит неравномерный характер.

За последние 15 лет средняя температура воздуха за год, стала гораздо чаще составлять более 2°C, что говорит об увеличении интенсивности изменения температуры воздуха.

Изменение климата большая проблема для человечества, она несет за собой множество последствий, чтобы минимизировать их, принимаются различные меры, которые помогают снизить рост температуры на планете.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Монин А. С., Шишков Ю. А. История климата. — Л.: Гидромеотиздат, 1979. — 408 с.
2. Будыко М. И. Изменения климата. — Л.: Гидрометеиздат, 1974. — 280 с.
3. Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. — М.: Росгидромет, 2014. — 60 с.
4. Б. Я. Яковлев Климат мурманской области. Мурманское книжное издательство, 1961. 199 с.
5. Пожиленко В.И. и др. Геология рудных районов Мурманской области – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2002. -359 с.
6. [https://mobile.studbooks.net/1806616/geografiya/fiziko\\_geograficheskaya\\_harakteristika\\_rayona](https://mobile.studbooks.net/1806616/geografiya/fiziko_geograficheskaya_harakteristika_rayona)
7. <https://pogoda51.ru/krovososushchie-komary>
8. <https://rp5.ru/>
9. <http://meteo.ru/>
10. А.Р. Анциферова, Е.Д. Сиеккиен, О.М. Чаус «Изменение климата на Кольском полуострове. Погодные аномалии XXI века.
11. В.И. Демин «Основные климатические тенденции на Кольском полуострове за период инструментальных метеорологических изменений».
12. О. В. Аксенова, В. Н. Бочарников и др. Природа и коренное население Арктики под влиянием изменения климата и индустриального освоения: Мурманская область. Москва: Изд. Дом «Графит», 2020. 180 с.