МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

На тему **Многолетние изменения термического режима в г. Кандалакша**

Исполнитель **Вайсман Юлия Олеговна**
(фамилия, имя, отчество)

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

доцент Неёлова Людмила Олеговна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

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

(фамилия, имя, отчество)

«__»_____2019 г.

Санкт–Петербург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
	Введение	3
1	Формирование климата	
1.1	Климатообразующие факторы	5
1.2	Динамика климата	21
1.3	Роль атмосферной циркуляции в формировании	25
2	Климат Белого моря и г. Кандалакши	
2.1	Климатический очерк побережья Белого моря	32
2.2	Описание города Кандалакша	38
2.3	Климат города Кандалакша	38
3	Многолетние изменения термического режима г. Кандалакша	
3.1	Используемые данные наблюдений и их обработка	39
3.2	Трендовые составляющие многолетних изменений	39
3.3	Периодические составляющие многолетних изменений	49
	Заключение	59
	Список использованных источников	60

Введение

Климатом называют многолетний режим погоды, а именно, совокупность и последовательность смены погоды в данной местности, зависящей от ее географических условий.

Многолетний режим погоды оказывает очень большое влияние на хозяйственную деятельность человека и на среду его обитания. Кроме того, растительный и животный мир находятся в огромной зависимости климата.

Климат формируется в результате определенных весьма сложных взаимодействий гелиогеофизических факторов. Кроме того, на формирование климата оказывает определенное влияния и взаимодействие с положением орбит других планет Солнечной системы. Климатообразующие факторы сами зависят от географических условий данной местности, к которым в первую очередь относится широта места, определяющая угол падения солнечных лучей, получение определенного количества тепла. Поступление тепла от Солнца зависит не только от широты места, но и от характера поверхности, прежде всего, от распределения суши и моря [1].

Целью данной работы является исследование многолетнего режима температуры воздуха города Кандалакша и определенных корреляционных связей данной характеристики с индексом Северо-Атлантического колебания и количественного параметра периода обращения Юпитера.

Для достижения этой цели последовательно решались следующие задачи:

1. Подбор и изучение публикаций по проблеме исследования.
2. Формирование базы данных ежедневных значений температуры воздуха в Кандалакше за 1912–2006 гг., количественных показателей Северо-Атлантического колебания и циклов обращения Юпитера, соответствующих циклам солнечной активности.
3. Расчет среднемесячных значений среднесуточной приземной температуры по всему периоду и их многолетних норм.
4. Визуализация внутригодовой структуры термического режима Кандалакши графиком климатического годового хода приземной температуры.

5. Построение графиков многолетнего хода среднемесячных значений среднесуточной приземной температуры для каждого месяца года с его аппроксимацией линейным трендом. Анализ на их основании внутригодовых особенностей трендовых составляющих многолетних изменений термического режима г. Кандалакши.

6. Оценка согласованности временной динамики между рассматриваемыми внешними квазипериодическими влияющими факторами.

7. Выявление периодических составляющих в многолетнем ходе температуры воздуха в виде отклика на динамику внешних квазипериодических влияющих факторов.

Выпускная квалификационная работа состоит из трех глав, введения, заключения и списка использованных источников.

В первой главе на основании обзора литературных источников описаны климатообразующие факторы, динамика климата и роль атмосферной циркуляции в формировании климата.

Вторая глава посвящена климату Белого моря города Кандалакша.

Основные результаты исследований представлены в третьей главе. В данной главе описаны используемые для исследования данные наблюдений и их обработка, проанализированы трендовые составляющие многолетних изменений температуры воздух в городе Кандалакше, а также периодические составляющие многолетних изменений данной характеристики.

В заключении даны основные выводы по проделанной работе.

Список использованных источников содержит 16 наименований

1. Формирование климата

1.1 Климатообразующие факторы

Факторы формирования климат -это физические механизмы, которые определяют внешние воздействия на климатическую систему, а также основные взаимодействия между связями климатической системы. Климатические факторы делятся на внешние и внутренние.

Внешние климатообразующие факторы определяют энергетическое воздействие на климатическую систему. Эти факторы определяют распределение солнечной энергии на верхней границе земной атмосферы, гравитационное влияние Солнца и других планет Солнечной системы, а также Луны. Гравитационный эффект, изменяющийся со временем, создает приливы и отливы, колебания характеристик орбитального движения и вращения Земли, что в итоге приводит к колебаниям энергии от Солнца до верхнего предела атмосферы. Определенную роль играет внешнее магнитное поле. Вторая группа внешних факторов - геофизические факторы. К ним относятся размер и масса Земли, гравитационное и магнитное поля Земли, внутреннее тепло, которое определяет геотермальные источники тепла и вулканизм.

Внутренние факторы формирования климата характеризуют свойства самой климатической системы. Внутренние факторы: состав атмосферы, топография поверхности, распределение суши и океана, океанические течения [2].



Рисунок 1.1 Климатообразующие факторы

Наиболее важным из внешних астрономических климатообразующих факторов формирования для климата Земли является яркость Солнца. Она показывает количество энергии, выделяемое за единицу времени. Эта функция относится к звездам. Высвобождается больше энергии, больше яркости. Конечно, чем больше яркость Солнца, тем больше тепла приходит на нашу планету.

Интенсивность солнечного излучения варьируется, хотя и в относительно небольших пределах. Одиннадцатилетний цикл, также называемый циклом Швабе или циклом Швабе-Вольфа, является ярко выраженным циклом солнечной активности, который длится около 11 лет. Он характеризуется довольно быстрым увеличением (около 4 лет) числа солнечных пятен и, следовательно, замедлением (около 7 лет) его

уменьшением. Длина цикла не строго равна 11 годам: в XVIII - XIX веках его продолжительность составляла 7 - 17 лет, а в XX веке - около 10,5 лет. На рисунках 1.2 и 1.3 показаны данные о солнечной активности в 11-летнем цикле за последние 300 лет и вековые циклы солнечной активности [3].

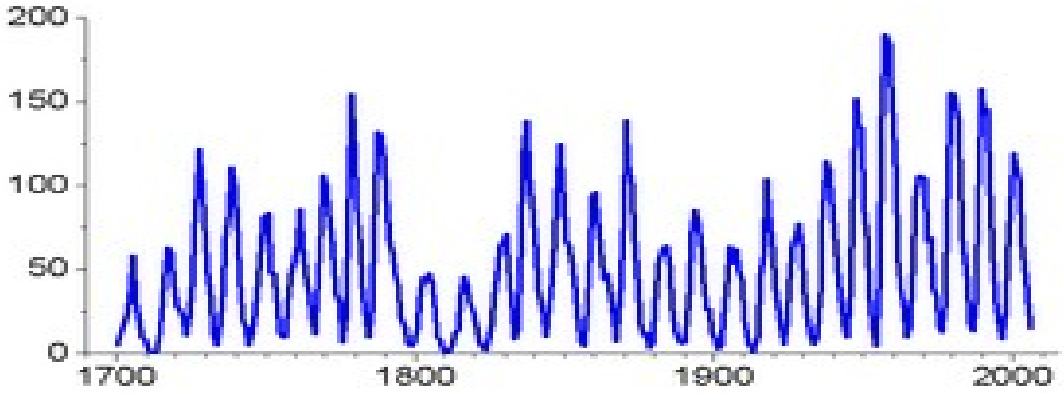

Рисунок 1.2 Многолетний ход среднегодовых чисел Вольфа за последние три века. Показан 11-летний цикл Швабе-Вольфа и менее выраженный вековой цикл.

Число Вольфа — это показатель солнечной активности, предложенный швейцарским астрономом Рудольфом Вольфом. Он вычисляется по формуле:

W=k (f+10g), где

f — количество наблюдаемых пятен;

g — количество наблюдаемых групп пятен;

k — коэффициент, выводящийся для каждого телескопа, с помощью которого проводятся наблюдения.

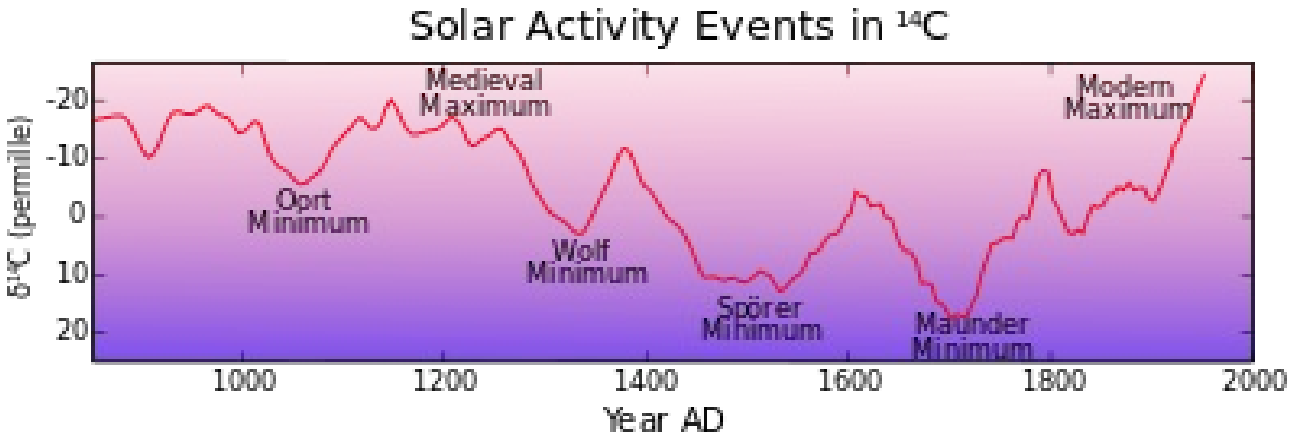

Рисунок 1.3 - Вековые циклы активности Солнца по радиоуглеродным данным

Земля получает различное количество энергии в зависимости от положения ее эллиптической орбиты, которая испытывает вибрации. За последние миллионы лет ледниковые и межледниковые периоды изменились в зависимости от орбиты нашей планеты. С меньшими колебаниями на орбите климат становится относительно стабильным. Наилучшим вариантом обеспечения стабильности климата на Земле должна быть круговая орбита. В этом случае влияние Солнца на Землю находится в тех же условиях. За всю свою историю Земля имела круговую орбиту 4 раза, в четвертый раз - около 470000 лет назад.

В настоящее время отклонение земной орбиты от окружности составляет 12,7%, земная орбита схематично показана на рисунке 1.4.

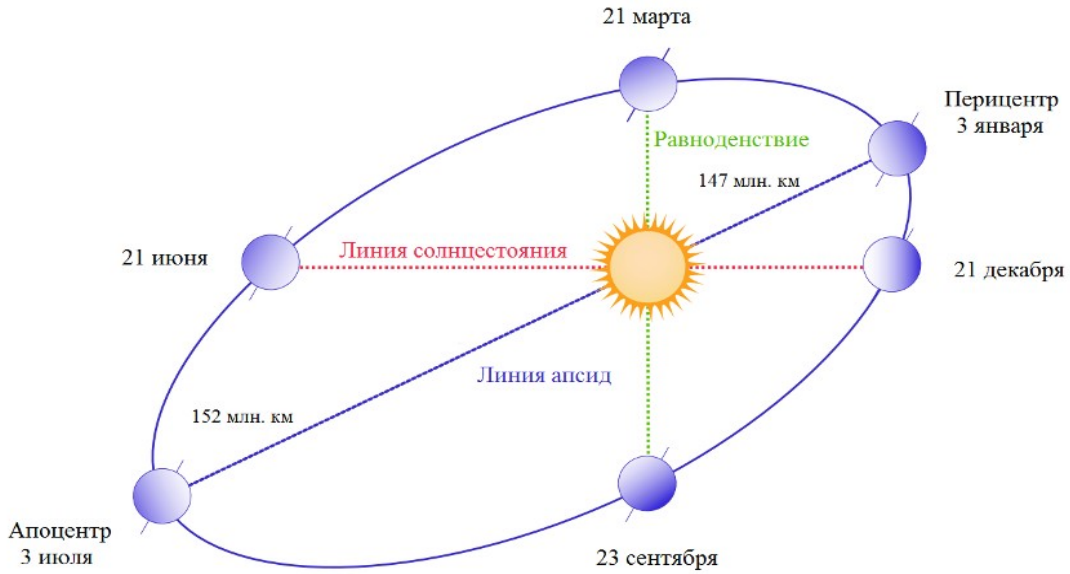

Рисунок 1.4 Орбита Земли

На нашей планете есть времена года. Когда Земля движется вокруг Солнца, угол между полярной осью и перпендикуляром к плоскости орбиты остается постоянным. Этим движением объясняется изменение угла падения солнечных лучей на земную поверхность в полдень на определенной широте в течение года. Чем больше угол падения солнечного света на землю в данном месте, тем эффективнее солнце, которое нагревает поверхность.

Только между северным и южным тропиками (от 23 ° 30 'северной широты до 23 ° 30' южной широты) солнечные лучи в определенное время года падают вертикально к Земле, и здесь Солнце поднимается над горизонтом в полдень. Поэтому в тропиках обычно жарко в любое время года.

В высоких широтах, где солнце находится ниже горизонта, прогревание земной поверхности меньше. Существуют значительные сезонные изменения температуры (что не относится к тропикам), а зимой угол падения солнечного света относительно невелик, а дни значительно короче.

На экваторе день и ночь всегда имеют одинаковую продолжительность, в то время как на полюсах день длится почти все лето, а зимой солнце не поднимается над горизонтом в полярную ночь.

Продолжительность полярного дня лишь частично компенсирует низкое положение солнца над горизонтом, и поэтому лето здесь прохладное. В темные зимы полярные регионы быстро теряют тепло и становятся очень холодными.

Угол наклона земной оси относительно постоянен в течение длительного периода. Тем не менее, он претерпевает небольшие сдвиги (известный как нутация) с интервалами в 18,6 года. Существуют также долгосрочные колебания (около 41 000 лет). Ориентация оси Земли также меняется во времени, продолжительность периода составляет 25000 лет [3].

Это наклон земной поверхности относительно солнечных лучей, или, в противном случае, угол падения солнечных лучей, изменяется от экватора к полюсам и определяет широтное изменение климатических зон и, следовательно, характерные метеорологические условия в каждой конкретной местности.

Внешние геофизические факторы формирования климата обусловлены влиянием самой планеты на климатическую систему.

Размер и масса Земли влияют на другие особенности планеты, включая скорость вращения и гравитацию. Гравитация влияет на способность поддерживать атмосферу т.е. по всем характеристикам климата и по факту его существования.

Масса и размеры определяются в основном гравитационным полем. Оно характеризует способность планеты удерживать газовую оболочку и в некоторой степени влиять на состав газа в атмосфере. Чем больше масса планеты, тем легче держать газовую оболочку. Чем меньше масса планеты, тем сложнее поддерживать атмосферу, особенно легкие газы. Например, Земля и Луна находятся примерно на одинаковом расстоянии от Солнца, но на Луне нет атмосферы, а на Земле есть. Если бы Земля имела большую массу, то

ее атмосфера (с такой же массой) была бы более тонкой и плотной, что значительно повлияло бы на характер происходящих в ней процессов и на климат [4].

Гравитационное поле Земли состоит из двух сфер: первая - это сфера Хилла, радиус которой составляет около 1 500 000 км и определяет расстояние, на котором тела могут перемещаться, пока остаются спутниками Земли. Вторая сфера с радиусом 260 000 км, в пределах которой сила тяжести Земли превышает солнечную.

Гравитационное воздействие Солнца и других планет на орбиту Земли вызывает вековые возмущения колебательного характера, которые существенно влияют на состояние биосферы и человека.

Гравитационное поле Земли определяет силу тяжести на поверхности. Ускорение свободного падения на Земле варьируется в зависимости от распределения плотности пород, неровностей поверхности для конкретной области. Отклонения силы тяжести в данном месте от теоретических значений называются гравитационными аномалиями.

На гравитационное поле также влияет угловая скорость вращения Земли, которая создает центробежные силы и несколько уменьшает гравитационное поле. Эта поправка зависит от широты. На полюсе она равен нулю, на экваторе оно достигает максимума около 0,35%. В связи с этим ускорение силы тяжести равно 9,83 см / с² на полюсах и 9,78 см / с² на экваторе. Эти значения рассчитываются для формы Земли как сфероида, что не совсем точно.

Магнитное поле создается планетарным ядром из железного никеля, которое быстро вращается. Поле важно, так как уберегает нас от влияния солнечного ветра. Магнитное поле Земли, как показали исследования, проведенные с помощью ракет и спутников, распространяется на расстояние около десяти земных радиусов (100–200 тыс. Км), где его интенсивность практически сравнивается с интенсивностью межпланетного магнитного поля [5].

Поля, которые влияют на циркуляцию атмосферы. В частности, гравитационное поле является открытым распределением силы тяжести. Воздействие на климат также влияет на гравитационное поле. Существует теория, что скорость вращения планеты частично зависит от магнитного поля. Это также учитывается при изучении формирования климата.

Влияет на климат и внутреннее тепло Земли. Тепло, которое ощущается на поверхности земли. Однако большая часть солнечного тепла выделяется в космос. Только небольшая фракция может проникнуть на глубину в несколько сотен метров и глубже. Его влияние на внутреннюю часть Земли мало по сравнению с теплом, присутствующим внутри Земли.

Предполагается, что тепловое излучение внутри страны является радиоактивным распадом долгоживущих изотопов. На предыдущих этапах история Земли могла играть существенную роль в других источниках тепла, таких как начальная температура и тепло, выделяемое при росте (благодаря работе сил гравитационного притяжения, вызывающих объединение мелких частиц в единое тело и последующая консолидация).

Прогревается постепенно, иногда быстро. Причиной более быстрого теплообмена являются вулканы и термальные источники. В результате извержений вулканов в атмосферу выбрасываются значительные объемы аэрозолей, взвешенных частиц. Они переносятся тропосферными и стратосферными ветрами и не пропускают часть солнечного излучения. Однако части оседают относительно быстро [3].

Почти повсюду на Земле температура увеличивается с глубиной. Тепло, выделяемое внутри Земли, прямо или косвенно стимулирует различные геологические процессы, связанные с тектоническими движениями, магматической и метаморфической активностью. Внутреннее или геотермальное тепло Земли является следствием того факта, что температура внутри Земли увеличивается со средней скоростью около 30 ° C / км. Теплопередача во внутреннем пространстве Земли осуществляется в основном

на молекулярном уровне со средней теплопроводностью 0,005 кал / см ° С. Следовательно, тепловые потоки от Земли к океану или к атмосфере,

Изучение теплового поведения Земли является одним из самых умозрительных разделов геофизики. Ниже глубины 100 км температура очень неопределенная. По мере увеличения глубины литосферы и гидросферы колебания температуры уменьшаются. Глубина, на которой температура практически не изменяется, называется слоем постоянных температур. Наличие такого слоя объясняет образование вечной мерзлоты.

Внутренние факторы формирования климата обусловлены свойствами самой климатической системы.

Состав атмосферного воздуха влияет на климат. Атмосфера представляет собой смесь газов, некоторые из которых имеют почти постоянную концентрацию, а другие являются переменными. Кроме того, атмосфера содержит различные жидкие и твердые аэрозоли, которые также оказывают значительное влияние и играют важную роль в формировании климата. Увеличение содержания частиц пыли приводит к увеличению мутности. Чем выше мутность атмосферы, тем меньше приток солнечного излучения на поверхность Земли.

Во время крупных взрывных извержений вулканов в стратосферу выбрасываются большие количества аэрозолей и газов. Кроме того, большое количество частиц пыли образуется во время производственной деятельности людей. Ниже приведена информация о некоторых источниках промышленной пыли.

Производственный процесс - выброс пыли, млн. т / год:

Сжигание каменного угля -	93,60;
Выплавка чугуна -	20,21;
Выплавка меди (без очистки) -	6,23;
Выплавка цинка -	0,18;
Выплавка олова (без очистки) -	0,004;

Выплавка свинца - 0,13;

Производство цемента - 53,37.

Основными источниками загрязнения воздуха от искусственных аэрозолей являются тепловые электростанции, которые потребляют уголь высокой зольности, обогатительные фабрики, сталелитейные заводы, цемент, магнезит и сажа. Аэрозольные частицы этих источников отличаются большим разнообразием химического состава. Очень часто по своему составу они состоят из кремния, кальция и углерода, реже - оксидов металлов. Постоянными источниками аэрозольного загрязнения являются промышленные полигоны, массовые взрывы.

В атмосфере аэрозольное загрязнение воспринимается как дым, туман, мгла или дымка. Значительная часть аэрозолей образуется в атмосфере, когда твердые и жидкие частицы взаимодействуют друг с другом или с водяным паром. Средний размер аэрозольных частиц составляет 11-51 мкм. Ежегодно около 11 км³ частиц искусственной пыли попадают в атмосферу Земли.

Концентрация аэрозоля варьируется в очень широком диапазоне: от 10 мг / м³ в чистой атмосфере до 210 мг / м³ в промышленных зонах. Концентрация аэрозолей в промышленных зонах и в крупных городах с интенсивным движением в сотни раз выше, чем в сельской местности.

Аэрозоли делают нижние слои тропосферы (до 10 км) более мутными и рассеивают свет, что понижает температуру приземного слоя атмосферы. Кроме того, аэрозоли увеличивают облачный покров, что эквивалентно увеличению отражательной способности атмосферы, что также приводит к охлаждению. По этой причине нельзя сказать, что аэрозоли вызывают нагрев или охлаждение климата: это невозможно. Все зависит от свойств аэрозолей. Аэрозоли обычно находятся в атмосфере в течение короткого времени, при наличии осадков, например, около недели. При отсутствии осадков и, например, усилении ветра эта взвесь транспортируется на достаточные расстояния.

Кроме того, в течение 20-го века концентрация парниковых газов (углекислого газа, метана, закиси азота) в атмосфере Земли увеличилась. Парниковые газы характеризуются длительным сроком нахождения в атмосфере. Половина всех выбросов CO2 остается в атмосфере в течение 50-200 лет, а вторая половина поглощается океаном, сушей и растительностью [3].

Общая циркуляция атмосферы определяет климат и погоду во всех областях Земли. Он образуется из-за нерегулярного нагрева поверхности нашей планеты Солнцем и неравномерного распределения атмосферного давления в разных регионах.

Все процессы, происходящие в оболочке Земли, меняются в зависимости от широты. От экватора до полюсов температура воздуха падает, а атмосферное давление меняется. По бокам экватора установлена область пониженного давления, которая вместе с Солнцем движется между Северным тропиком и Южным тропиком по сезонам года. Над 30-ми широтами и полюсами расположены области высокого давления, и среди них - в умеренных широтах - давление низкое. Воздух перемещается из областей с высоким атмосферным давлением в области с низким давлением: так образуется система постоянных ветров, дующих на планете.

На экваторе, где атмосферное давление низкое, воздух, нагретый солнцем, поднимается и распространяется в верхней части тропосферы к полюсам. Охладившись, он спускается в тропические широты и создает область высокого давления, из которой восточные тропические ветры пассатов дуют на экваторе на поверхности земли. Они постоянны в тропической зоне и оказали неоценимую помощь морякам во время путешествия. Сосредоточенные от тропиков до экватора, пассаты отклоняются на запад силой Кориолиса. В северном полушарии они дуют с северо-востока на юго-запад, а в южном полушарии с юго-востока на северо-запад. Пассивные ветры с океана влажные, приносящие дождь на восточное побережье Африки, Австралии и Южной Америки. Сильные ветры,

исходящие из теплых и сухих внутренних районов Евразии, переносят массы сухого и теплого воздуха в Северную Африку. Здесь самая большая пустыня в мире: Сахара.

От тропических зон высокого давления до высоких широт дуют ветры, и под воздействием силы Кориолиса они отклоняются на восток. В обоих полушариях их называют западными ветрами умеренных широт. В южном полушарии эти ветры дуют в южных районах Тихого океана, в Атлантическом и Индийском океанах, волоча огромные массы воды и создавая мощный поток западных ветров. В полярных районах создается восточный перенос воздуха. Здесь, от областей высокого давления до полюсов, восточные полярные ветры постоянно находятся в воздухе. К умеренным широтам, где давление низкое, они перемещаются на запад силой Кориолиса. Формируясь над полярными областями, эти ветры несут холодный и сухой воздух.

Взаимодействие Мирового океана с атмосферой во многом определяется климатом и погодой на планете. Количество тепла, которое входит в верхнюю границу атмосферы Земли, почти одинаково из года в год, но пропорции передачи тепла в океан и атмосферу могут варьироваться. Океан и атмосфера постоянно обмениваются теплом, и иногда в атмосфере немного больше тепла, а в океане немного меньше, иногда наоборот. Солнечная энергия поступает на поверхность Земли нерегулярно: максимум на экваторе, минимум на полюсах. Океанские течения и атмосферные потоки передают тепло оттуда, где его больше, туда, где его меньше, т.е. от экватора к полюсам.

Климат северного полушария и, в частности, Европы находится под влиянием североатлантических колебаний. Колебания в Северной Атлантике связаны с изменениями разности атмосферного давления между максимумом у Азорских островов и минимумом у берегов Исландии. Чем больше разница в этих давлениях, тем сильнее так называемый западный транспорт (движение воздуха с запада на восток) в атмосфере умеренных широт. В результате образуется больше циклонов, которые приносят влагу в Европу,

увеличивается количество штормов, Северная Европа и север Европейской России становится более влажными, а Средиземноморье - более сухим. Небольшая разница давлений замедляет западный перенос, что затрудняет перемещение циклонов, поэтому в Скандинавии и на севере России становится суше, количество штормов уменьшается, и в Средиземное море поступает больше влаги.

На атмосферную циркуляцию сильно влияет местность, в частности ее крупные формы - горные хребты и плато, которые меняют условия движения воздушных масс, заметно влияя на климат. Высоты и горные хребты имеют определенную температуру и количество осадков в зависимости от экспозиции, ориентации склонов и высоты хребтов. Они могут отражать большое количество солнечной энергии, создавать обширные затененные горные районы и самые высокие вершины в тысячах метров от равнины, получать меньше солнечной энергии и часто покрыты льдом и снегом в течение всего года, на Кавказе в горах, до 3 км летнего снега.

Горы выступают в качестве механических барьеров для движения воздушных масс и фронтов, в некоторых случаях они являются границами климатических регионов, иногда они изменяют характер атмосферы или исключают возможность обмена воздуха. На поверхности Земли немало областей, где выпадает много осадков, или их недостаточно. Таким образом, засушливость Центральной Азии объясняется тем, что мощные горные системы поднимаются к периферии.

Положение склонов и горных цепей по отношению к океанам и сторонам горизонта вызывает различное распределение осадков. Например, южные склоны Гималаев задерживают летний муссон, здесь много дождей, богатая растительность и дикая природа. Северные склоны Гималаев сухие и пустынные. Горы обостряют циклоны. Есть климатические различия вдоль подветренных и наветренных склонов, горных цепей и межгорных котловин.

В горах климатические условия меняются с высотой: с ее увеличением температура воздуха снижается, атмосферное давление уменьшается,

влажность убывает, количество осадков поднимается до определенной высоты, затем уменьшается, ветер сложно меняется по скорости и направлению, другие климатические показатели изменяются. Все это позволяет выделить специфические климатические зоны, характерные для горных районов. Климат в горах меняется на короткие расстояния. Он существенно отличается от климата близлежащих равнин.

На равнинах существуют различия в климате холмов и равнин, речных долин и междуречья, хотя они гораздо менее важны, чем в горах.

Рельеф оказывает большое влияние на циркуляцию атмосферы, в частности ее крупных форм - горных хребтов и плато, которые меняют условия движения воздушных масс. Кроме того, увеличение высоты земли над уровнем моря и различия в рельефных формах приводят к изменениям значений солнечного излучения, падающего на поверхность земли. Отсутствие высоких горных хребтов на севере и западе России способствует проникновению арктических и атлантических воздушных масс в страну. Наличие горных сооружений в восточных окраинах России ограничивает влияние Тихого океана; низко - и среднегорный Урал, расположенный на атлантической траектории, не препятствует его проникновению в Западную Сибирь, а высокогорный Кавказ удерживает у своего подножия холодный воздух умеренных широтах.

Горные хребты оказывают большое влияние не только на климат местности, в которой они находятся, но и на климат окружающих территорий. Горы задерживают воздушные массы, особенно холодные. В этом случае горные хребты могут представлять собой участки разграничения границ с различными климатическими условиями. Так, в Крыму климатические условия регионов, лежащих к северу от крымских гор, отличаются от южных берегов Крыма. На Дальнем Востоке хребты Джугджур, Колымский и другие рельефы ограничивают влияние Тихого океана на климат только узкой прибрежной полосой, чему зимой также способствуют зимние муссонные ветры, направленные с материка. На Сахалине Западный и Восточный хребты

защищают впадину, расположенную между ними, от ветров, дующих с холодного Охотского моря и Азиатского континента. В связи с этим во внутренних районах Сахалина благоприятный климат для посева континентального типа. Северо-восточная часть Сахалина, где диапазоны значительно сокращены и превращается в цепь невысоких холмов, полностью открыта для холодных ветров, благодаря которым здесь создается суровый климат, а почва является типичной тундрой высоких широт.

Важным внутренним фактором формирования климата является распределение суши и океана. Теплоемкость воды существенно выше, чем у земных пород. Поэтому вода медленно нагревается и остывает. В результате в прибрежных районах, где ветер дует с моря, лето обычно прохладнее, а зима теплее, чем внутренние районы на той же широте. На побережьях, переживших ветер, выпадает больше осадков, как правило, выше относительная влажность и облачность, больше дней с туманом, чем во внутренних районах. Морской климат формируется вблизи морей. Внутренние регионы континентов в умеренных широтах характеризуются значительными различиями летних и зимних температур. Когда расстояние от берега уменьшается, количество осадков уменьшается. Это характеристики континентального климата.

Океаны влияют на распределение облаков и поступление более влажного воздуха к земле. Россия на севере и востоке омывается водами двух океанов и, доминируя в умеренных широтах, переносит воздушные массы на запад, влияние морей здесь ограничивает узкую прибрежную полосу. Летом большая облачность на Дальнем Востоке уменьшают солнечную радиацию. В районе хребта Сихотэ-Алинь она примерно равна суммарной солнечной радиации на севере Кольского полуострова, на Ямале и на Таймыре [6].

Морские воздушные массы значительно отличаются от континентальных, но по мере продвижения вглубь континентов они меняют свои свойства. Поэтому на одной и той же широте наблюдаются значительные различия в температуре и распределении осадков. Поэтому на параллели 60 ° северной широты января

средняя температура января: 0 ° С в Атлантике, -8 ° С в Санкт-Петербурге, -14 ° С в Уральском регионе, -30 ° С в Енисее и -40 ° С на Лене. Количество осадков уменьшается в одном направлении: в прибрежных районах Норвегии выпадает более 1000 мм, в Европейской части России около 500 мм, в Восточной Сибири - около 300 мм в год. Различны и другие климатические показатели. Отсутствие ярко выраженных границ между прибрежным климатом и внутренним позволяет выделить промежуточный - переходный подтип от морского до континентального.

Океаны стабилизируются, смягчают климат прибрежных районов. Если бы не было океанов, то средняя температура земной поверхности была бы на 36 ° С ниже, чем текущая, и была бы всего -21 ° С.

Большое влияние на климат океанских течений. Они переносят тепло с одной широты на другую и оказывают охлаждающее или нагревающее воздействие на климат. Берега материков, омываемые холодными течениями, холоднее, чем их внутренние части, расположенные на тех же широтах. Климат побережья, залитого теплыми течениями, теплее и мягче, чем на суше.

Кроме того, холодные течения увеличивают сухость климата. Они охлаждают нижние слои воздуха в прибрежной части, и холодный воздух, как известно, становится тяжелее, плотнее, не может подниматься, образовывать облака и давать осадки. Теплые течения способствуют насыщению воздуха влажностью и образованию осадков.

Например, в регионе между 55-й и 70-й параллелями восточное побережье Канады омывается холодным Лабрадорским течением, а западное побережье Европы – теплым Северо-Атлантическим. Первое находится между годовыми изотермами от 0 до -10 ° С, второе между +10 и 0 ° С. Продолжительность безморозного периода на канадском побережье составляет 60 дней в году, на европейском - от 150 до 210. На Лабрадоре и Канадском архипелаге-тундра, а в Европе - хвойные и смешанные леса [7].

Циклоны, несущие влагу в европейской части России, расположены в районе Гольфстрима, теплого течение в Атлантическом океане. Гольфстрим приносит

тепло в Северную Атлантику, а затем это тепло переходит в атмосферу и уходит в Европу с ветрами атлантических циклонов. На той же широте среднегодовая температура может отличаться на десятки градусов: на норвежском побережье она составляет + 10-12 ° С, а на полуострове Лабрадор в Северной Америке она может понижаться до -20 ° С.

Гольфстрим является поверхностным течением, поэтому его поток (объем воды, текущей в единицу времени) зависит как от температуры и солености воды, так и от ветров, дующих в Атлантике. А на соленость и температуру, в свою очередь, влияет взаимодействие между океаном и атмосферой: течение увеличилось и принесло больше тепла в Арктику, поэтому больше льда будет вытекать из Арктики, чтобы растаять в Северной Атлантике.

Климат Земли имеет большое количество пространственно-временных характеристик и формируется под воздействием многих факторов. Климатическое состояние нашей планеты во многом определяет состояние природной среды и деятельности человека, преимущественно экономического.

1.2 Динамика климата

Общеизвестно, что средняя глобальная температура воздуха увеличилась на 0,6 ° С в прошлом веке. Остается открытым вопрос об унифицированном методе определения этого параметра. Например, спутниковые данные дают более низкое значение, чем измерения на земле: всего 0,2 ° С. В то же время остаются сомнения относительно адекватности климатических наблюдений, проведенных сто лет назад, современным наблюдениям и в достаточной широте их географического охвата. Кроме того, естественные климатические колебания в масштабе столетия, даже при постоянстве всех внешних параметров, составляют всего лишь около 0,4 ° С. Таким образом, угроза следующей климатической катастрофы все еще довольно гипотетическая [8].

Существует много довольно естественных причин, которые вызывают эти и даже более значительные колебания климата, и глобальный климат может испытывать сильные колебания без внешних воздействий. Даже при

фиксированном уровне солнечной радиации и постоянной концентрации парниковых газов в течение столетия средние колебания температуры поверхности могут достигать 0,4 ° C [9]. В частности, из-за огромной тепловой инерции океана хаотические изменения в атмосфере могут вызвать побочный эффект, который сказывается десятилетиями позже. И так, чтобы наши попытки воздействовать на атмосферу давали нужный эффект, они должны значительно превышать «шум» естественных колебаний системы.

Современные антропогенные потоки основных парниковых газов почти на два порядка ниже их естественных потоков и во много раз ниже, чем неопределенность в их оценке. В проекте доклада МГЭИК Межправительственной группы экспертов по изменению климата 1995 года сообщается, что «любое обвинение в значительном изменении климата является спорным до тех пор, пока не будет уменьшено число неопределенных переменных, ответственных за естественную изменчивость климатической системы». И в том же месте: «Нет исследований, в которых было бы с уверенностью утверждаться, что все или часть зарегистрированных изменений климата вызваны антропогенными причинами». Позже эти слова были заменены другими: «Соотношение данных свидетельствует о явном влиянии человека на климат», хотя никаких дополнительных данных, подтверждающих этот вывод, представлено не было.

Кроме того, скорость, с которой изменяется воздействие парниковых газов на климат, не связана с потреблением углеводородов, основного источника их антропогенных выбросов. Например, в начале 1940-х годов, когда темпы роста потребления топлива снизились, глобальная температура росла особенно быстро, а в 1960-х и 1970-х годах, когда потребление углеводородов быстро росло, глобальная температура, наоборот, уменьшалась. Несмотря на 30-процентное увеличение производства углерода с 1970-х до конца 1990-х годов, темпы роста концентрации углекислого газа и закиси азота резко замедлились в этот период, и метан фактически снизился.

Всю глубина недопонимания глобальных природных процессов наглядно демонстрирует ход изменений концентрации метана в атмосфере. Начиная с 700 лет до промышленной революции - во времена викингов - этот процесс внезапно прекратился из-за непрерывного роста производства и, следовательно, антропогенной эмиссии углеводородов. Согласно данным двух независимых исследовательских групп из Австралии, а также из Соединенных Штатов и Нидерландов, уровень метана в атмосфере оставался постоянным в течение последних четырех лет.

Известные отечественные эксперты в этой области дали ответ на вопрос о естественных климатических и атмосферных тенденциях [10]: «Изучение изменений химического состава атмосферы в геологическом прошлом показало, что в течение миллионов лет преобладала тенденция к уменьшению количества углекислого газа в атмосфере. <...> Этот процесс привел к снижению средней температуры нижнего слоя воздуха из-за ослабления парникового эффекта в атмосфере, что, в свою очередь, сопровождалось развитием оледенения, сначала в высоких, а затем в средних широтах, а также в результате опустыниванием обширных территорий в более низких широтах.

Наряду с этим при пониженном количестве углекислого газа, интенсивность фотосинтеза уменьшилась, что, очевидно, уменьшило общую биомассу на нашей планете. Эти процессы были особенно острыми в плейстоценовые ледниковые эпохи, когда количество углекислого газа в атмосфере неоднократно приближалось к 200 частям на миллион. Эта концентрация немного превышает критические значения концентрации, одно из которых соответствует оледенению всей планеты, а другое - сокращению фотосинтеза до пределов, делающих невозможным существование автотрофных растений. <...> Не касаясь деталей отдаленной возможности гибели биосферы из-за ее естественного развития, отметим, что вероятность такой смерти кажется значительной. "

Таким образом, если человечеству грозит климатическая катастрофа в будущем, это произойдет не из-за чрезмерного повышения, а, наоборот, из-за снижения температуры! Напомним, что, согласно современным геологическим представлениям, мы живем в самый разгар межледниковой эры, и вскоре начнется следующий ледниковый период. И вот вывод авторов: «Сжигая постоянно растущее количество угля, нефти и других видов топлива, люди вступили на путь восстановления химического состава атмосферы из жарких периодов геологического прошлого. <...> Человек непреднамеренно остановил процесс истощения углекислого газа, который опасен для дикой природы, основного ресурса в создании органического вещества из автотрофных растений, и позволил повысить первичную продуктивность, которая является основой для существование всех гетеротрофных организмов, включая человека ".

В различных сценариях ожидаемое изменение средней температуры в конце столетия варьируется от повышения на 10 ° С до снижения по сравнению с текущим уровнем. Обычно они действуют как «наиболее вероятное» среднее значение 2-3 ° С, хотя в среднем это значение не становится более разумным. Фактически, такой прогноз должен учитывать не только основные процессы в самой сложной природной машине, которая определяет климат нашей планеты, но и научные, технологические и социологические результаты человечества будущего столетия.

Можно ли предвидеть технологическое и социальное развитие цивилизации на ближайшие сто лет? Каков общий временной горизонт более или менее реального прогноза? Ответ очевиден. Наиболее консервативными и в то же время решающими отраслями современной экономики являются энергетическая, сырьевая, тяжелая и химическая отрасли. Капитальные затраты в этих отраслях настолько высоки, что оборудование почти всегда используется до полной выработки ресурса - около 30 лет. В результате промышленные и энергетические компании, которые сейчас введены в эксплуатацию, будут определять технологический потенциал мира в течение

первой трети века. Учитывая, что все другие отрасли (например, электроника и связь) развиваются гораздо быстрее. В качестве любопытного примера более смелых предсказаний часто вспоминались опасения футурологов конца XIX века, которые предсказывали, что улицы Лондона будут завалены конским навозом, хотя первые машины уже появились на дорогах Англии.

Более того, согласно паникерским сценариям, основным источником опасности являются углеводородные энергоресурсы: нефть, уголь и газ. Однако, согласно прогнозам самих футурологов, даже при самых дешевых затратах человечеству хватит этих ресурсов примерно на столетие, и ожидается, что добыча нефти в ближайшие десять лет сократится. Учитывая близость нового ледникового периода, по-видимому, нельзя не сожалеть о непродолжительности «углеводородной эры» в истории мировой энергетики.

1.3 Роль атмосферной циркуляции в формировании регионального климата

Атмосферная циркуляция является одним из важнейших факторов формирования климата, поскольку в ее системе происходит перенос воздушных масс с различными физическими свойствами. Характеристики циркуляции в различных регионах земного шара влияют на температуру и количество осадков. Под влиянием атмосферной циркуляции происходит перераспределение тепла, влажности и других метеорологических переменных между географическими широтами, океанами и континентами. В этом случае обмен большими воздушными массами осуществляется как по горизонтали, так и по вертикали.

Метеорологические аномалии тесно связаны с характеристиками атмосферной циркуляции. При частой смене циклонов и антициклонов обычная смена погоды происходит с осадками и без осадков. Однако часто бывают ненормальные случаи, когда циклоны или антициклоны удерживаются в определенной области в течение длительного периода времени. Длительное воздействие циклонов вызывает влажную пасмурную

погоду с осадками, а действие антициклонов вызывает морозную погоду без снега зимой и сухое и жаркое лето.

Основной причиной атмосферной циркуляции является неравномерность нагрева различных частей подстилающей поверхности и атмосферы. Наличие градиентов температуры и давления вызвано движениями, направленными на восстановление гидростатического баланса. Подъем горячего воздуха и падение холодного воздуха на вращающейся Земле сопровождается образованием циркуляционных систем различного пространственно-временного масштаба. Сочетание крупномасштабных атмосферных движений называется общей циркуляцией атмосферы.

Наиболее распространенным на территории России является континентальный воздух умеренных широт, который зимой и летом доминирует над большей частью страны. Континентальный воздух умеренных широт простирается к северу и югу от «большой оси» высокого давления (т.е. приблизительно с 50-й параллели) как летом, так и зимой. В то же время теплый умеренно-континентальный воздух летом связан с отрогом Азорского антициклона или превращается в воздушные массы. Зимой холодный континентальный воздух в основном связан с азиатским антициклоном, от которого он распространяется во все стороны и образует западный отрог высокого давления.

Морской воздух умеренных широт прибывает в Россию из Западной Европы, часто достигая 40-го меридиана, но очень редко 60-го, куда он в основном попадает уже трансформированным.

Арктический континентальный воздух поступает в ЕЧР через Баренцево и Карское моря. Вертикальная мощность континентального арктического воздуха от Карского моря колеблется от 2000 м зимой до нескольких сотен метров в июне. Вхождение континентальных арктических воздушных масс в европейскую часть России также может происходить с востока или северо-востока, когда они находятся на Таймырском полуострове или в нижней части Оби и Енисея, когда Западная Европа погружена в циклоническую

деятельность. Континентальный арктический воздух отделяется от полярной шапки и проникает в хорошо развитые антициклоны.

Схема циркуляции основных воздушных масс, преобладающих в различных областях страны, приведена на рисунке 1.5 [11].

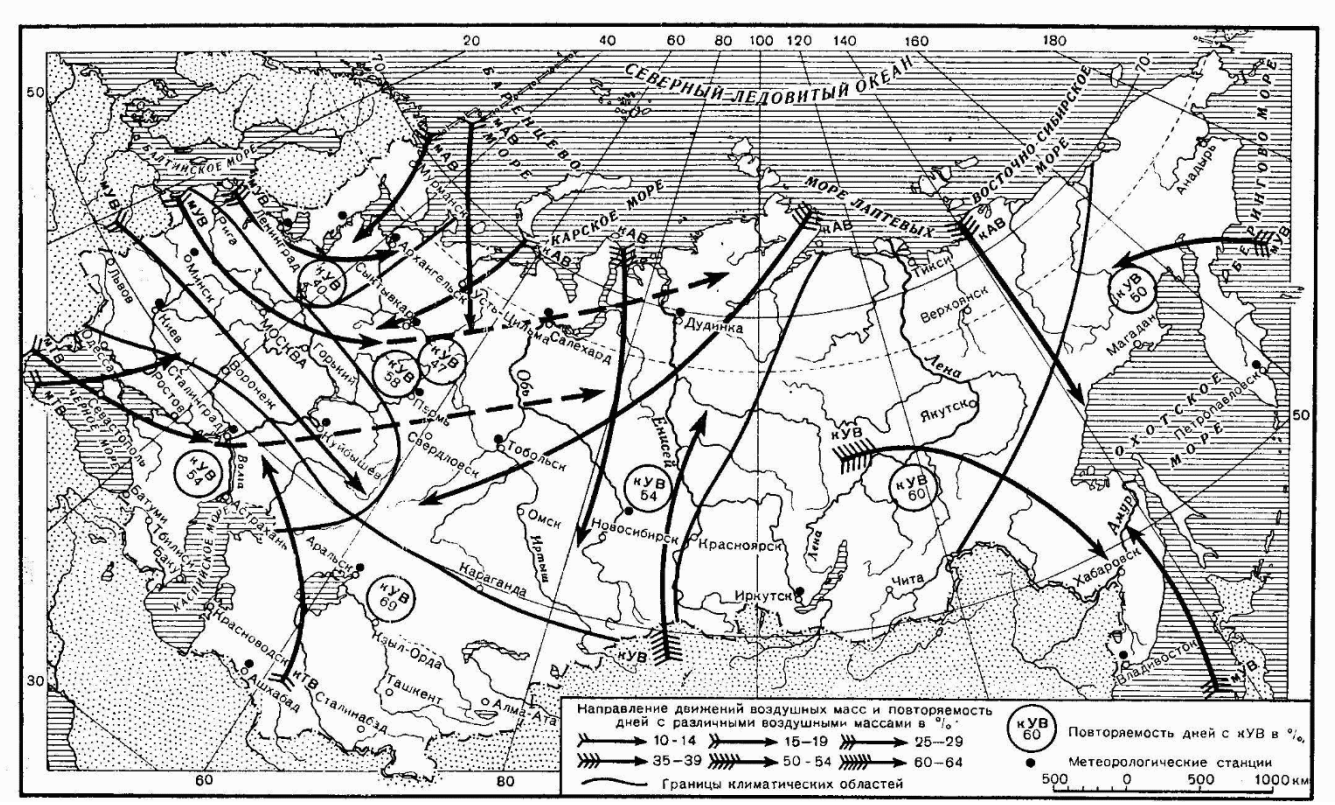

Рисунок 1.5 Схема циркуляции основных воздушных масс по Борисову

Воздух арктического моря, который встречается в ЕЧР в основном в течение переходных сезонов, поступает в циклонах, сопровождаемых свежими и снежными ветрами, или в хорошо сформированных антициклонах, которые образуют полосу высокого давления от Арктики до Балкан.

Интересно отметить, что зимой перепады температуры значительно больше, чем летом, когда возникают более или менее равномерные условия нагрева земной поверхности.

Повторяемость дней с континентальным воздухом умеренных широт повсюду выше. Оперение стрелок, которое указывает направление основных

массовых потоков воздуха (кроме CSU), на рисунке 1.5 показывает процент их повторяемости для данной области [11].

Таблица 1.1 – Повторяемость различных воздушных масс на Северо-западе РФ (в % от всех дней года за 1930–1939 гг.)

Области	Типы воздушных масс					
	кУВ	*мУВ*	*кАВ*	*мАВ*	*кТВ*	*мТВ*
Северо-западная (Петрозаводск)	36,2	27,2	12,0	23,4	1,0	0,2
Северо восточная (Сыктывкар)	46,7	13,7	19,0	19,0	1,6	0,1
Центральная (Москва)	52,6	20,5	8,7	12,1	5,4	0,5

кУВ – континентальный умеренный воздух

кАВ – континентальный арктический воздух

мУВ – морской умеренный воздух

мАВ – морской арктический воздух

кТВ – континентальный тропический воздух

мТВ – морской тропический воздух

По мнению Е.С. Лир, весь годовой цикл развития основной циркуляции воздушных масс на Евразии делится на четыре фазы, которые характеризуются следующими характеристиками:

• Тропическая зона при высоком давлении (большая ось) смещена на юг, низкое давление в Арктике, увеличение зоны циркуляции с притоком к полюсу (зима).

• То же положение в субтропической зоне, высокое давление в Арктике, нарушение зональной циркуляции (весна).

• Зона высокого тропического давления смещена на север, высокое давление в Арктике, ослабление циркуляции зоны с оттоком от полюса (лето).

• То же положение в субтропической зоне высокого давления, низкого давления в Арктике, восстановление зональной циркуляции (осень).

В соответствии с циркуляцией воздушных масс идут фронтальные зоны, а также режим ветра. В зимнем семестре есть две зоны циклонической активности. Территория расположена вдоль арктического фронта, который простирается вдоль северного побережья Евразийского континента. Следует отметить, что зимой колебания арктического фронта велики: иногда арктический воздух достигает Черного моря и даже Малой Азии. Второе направление циклонической активности развивается в ЕЧР и в Средней Азии. Основные маршруты циклонов над европейской частью проходят с юго-запада на северо-восток.

В летней половине есть три зоны циклонической активности. Область расположена вдоль арктического фронта, который иногда перемещается на юг, достигая центрального пояса, или идет на север. В первом случае значительная часть ЕЧР заполнена арктическим воздухом, во втором случае континентальный воздух с умеренным климатом проникает далеко на север, вызывая повышение температуры.

Другой областью является полярная фронтовая окклюзия, которая развивается вдоль полярного фронта, отделяя воздух умеренных широт от воздуха субтропического пояса (в ЕЧР и на Дальнем Востоке). В окклюзии циклонов умеренный морской воздух взаимодействует с континентальным воздухом.

Наконец, третья зона циклонической активности наблюдается вдоль «полярного» фронта и связана с трансформацией морского воздуха, сначала в континентальный, затем в тропический. Этот район занимает широкую полосу от Крыма до Среднего Поволжья, а также южную часть Приморья на Дальнем Востоке. Циклоны и антициклоны, движущиеся в разных направлениях,

сообщают климату тот особый характер, в котором один регион отличается от другого.

Количество циклонов в ЕЧР в среднем за год составляет около 70; зимой здесь больше, чем летом, так как глубина зимних циклонов больше. Наибольшая частота циклонов приходится на западные регионы России и приблизительно на линию Архангельск-Москва-Ростов-на-Дону, что вполне согласуется с положением основных климатологических фронтов Евразии [11].

Зимой основными направлениями движения циклонов являются юго-запад-северо-восток, как в Европейской части, так и в Сибири. Летом на европейской территории Российской Федерации в циклонном движении наблюдается тенденция к направлению также запад-восток. Скорость движения циклонов отличается большим разнообразием. Средняя скорость циклонов на территории Российской Федерации составляет 40 км / ч зимой и 30 км / ч летом.

Максимальное количество антициклонов приходится на широты 50-55 ° (т. Е. Вдоль большой оси). Средняя повторяемость дней с циклонами и антициклонами в год представлена в таблице 1.2 [12].

Таблица 1.2 – Повторяемость циклонов и антициклонов над ЕЧР (число дней)

Области	Циклонов	Антициклонов		Промежуточные зоны
		Стационарных	Подвижных	
Северо-западная (Петрозаводск)	139	57	27	140
Северо восточная (Сыктывкар)	60	114	36	148
Центральная (Москва)	98	152	26	134

Обращает на себя внимание высокая частота циклонных дней в регионе Западной Сибири.

Циклоническая активность играет значительную роль с точки зрения тепловых условий. На территории Российской Федерации повторяемость фронтов очень значительна (таблица 1.3) [12].

Таблица 1.3 – Повторяемость атмосферных фронтов над ЕЧР

Области	Число атмосферных фронтов в году			
	Холодных	Тёплых	Окклюзий	Всего
Северо-западная (Петрозаводск)	77	68	110	255
Северо восточная (Сыктывкар)	76	62	81	219
Центральная (Москва)	97	74	131	302

Атмосферные фронты чаще встречаются в районах Западной и Центральной Сибири, что в целом соответствует частоте встречаемости циклонов.

В результате воздействия всех этих факторов формируются основные характеристики теплового режима северо-западного региона России.

Сильный нагрев (до оттепели) зимой связан с доступом к ЕТР средиземноморских циклонов (до шести за сезон) в жарких районах, где очень теплый воздух выносится из субтропических широт. Количество дней с оттепелями в зимний период между широтами 50 и 60 ° на территории варьируется от 45-50 на западе до 20-25 дней на востоке (до 10-12 и 2-4 дня в месяц соответственно, в январе-феврале). К северу от 60 ° 30-35 дней наблюдается с оттепелью, но в январе-феврале их число не превышает 2-4 в месяц [13].

Климатическая разница между восточной и западной половинами северо-западной территории зимой наиболее велика. Так, на востоке среднемесячные температуры на 3-4 ° С ниже, чем на западе. Низкая среднемесячная температура воздуха в восточных регионах зимой по сравнению с западными регионами обусловлена частым проникновением арктического воздуха из

более холодных восточных районов Арктики, а также появлением холодного воздуха из Сибири вдоль южной и юго-западной периферии.

Количество дней с минимальной температурой воздуха -30 ° С или менее на крайнем северо-востоке от ЕТР вблизи Полярного круга достигает 20-30. На 60 ° широты (в Санкт-Петербурге) - 1, увеличиваясь на восток до 10 дней в году [13].

2. Климат Белого моря и г. Кандалакши

2.1 Климатический очерк побережья Белого моря

Климат описываемого региона является переходным от умеренного морского климата к континентальному и характеризуется значительными колебаниями и годовыми температурами, высокой влажностью, облачностью и частыми осадками. Континентальность климата с севера на юг постепенно увеличивается, из-за чего лето в северной части моря холоднее, а зима теплее, чем в бассейне Белого моря и его заливах. Несмотря на самую южное положение Белого моря относительно Баренцева моря, климат здесь более холодный, особенно зимой, когда море замерзает. В северной части моря северные ветры дуют чаще, чем другие, принося холод зимой, а летом (с мая по июль) туман и плохую погоду (особенно в Горле). В главном водоеме северные ветры текут вдоль Терского берега и несут туман к устьям Кандалакшского и Онежского заливов. Эти туманы не проникают в бухту Двины и юго-восточную часть Онежского залива. Туманы Белого моря имеют большую плотность, особенно в Горле (весной), полностью скрывая объекты уже на расстоянии 200 м. С июля часто дует южный ветер, а с конца августа юго-западный, принося свежесть и дождь. Этот ветер преобладает зимой. Среднегодовая скорость ветра на Белом море составляет 6-7 м / с, а дней со скоростью ветра 15 м / с и более составляют около 170 в год. Сильные штормы, которые в основном проходят осенью, происходят от северо-западных и западных ветров, связанных с атлантическими циклонами, которые часто пересекают центр Белого моря с юго-запада на северо-восток. Не случайно там

много облаков. Белое море характеризуется наибольшим количеством облачных дней по всей России (около 200). Самый облачный месяц - октябрь (28 дней). Температура воздуха зимой ниже в южной части моря, летом - в северной. По подсчетам Рыкачева, из общего числа циклонов, пересекающих Европу, 25% пересекают центры почти через Соловецкие острова и еще 26% находятся близко к ним, то есть это место находится под влиянием как минимум половины из всех циклонов в Европе.

Годовая амплитуда на севере моря составляет 19 °, на юге - 28 °, что почти вдвое больше амплитуды Баренцева моря. Интересно отметить, что зимняя изотерма -10 ° С описывает замкнутый круг на Белом море, который указывает на более холодный январь, окруженный морем.

Годовое количество осадков на Белом море составляет около 400 мм; зимой они в 2–3 раза меньше, чем летом, а весной - меньше, чем осенью. На берегу осадков немного больше, чем на самом море. Они выпадают осенью и зимой преимущественно днем, летом - ночью, в соответствии с растущей облачностью осенью и зимой днем, а летом - ночью.

Зима (ноябрь - март) довольно длинная. Она характеризуется устойчивым снежным и ледяным покровом, высокой облачностью, частыми осадками в основном в виде снегопадов и преобладанием устойчивых ветров в юго-западном районе. В северной части моря морозы часто сменяются оттепелями, метели – моросью и гололедом.

Весна, как правило, холодная и продолжительная, начинается в апреле и продолжается до середины июня. В начале весны заморозки все еще очень частые, море покрыто льдом, а заморозки продолжается до конца сезона. Весной облачность больше, чем зимой, дожди идут немного реже, количество дней с грозой уменьшается, а ветры с южных направлений переходят на северные.

Лето короткое и прохладное, начинающееся в середине июня и продолжающееся до конца августа; обычно облачно, количество осадков выпадает много. Постоянные ветры с северного и северо-восточного

направлений преобладают в течение всего сезона. Наблюдается значительное количество дней с туманом.

Осень (сентябрь - октябрь) очень короткая, относительно теплая, влажная и ветреная. Для него характерно пасмурное небо с частыми затяжными осадками. Происходит переход с северного на южный ветер. Есть дни с морозами и в конце осени идет снег.

Все разнообразие погодных условий, наблюдаемых на Белом море, позволяет перечислить следующие типы основных погодных условий.

Юго-западный холодный зимний тип погоды (ЮЗх.з) (в скобках буквами обозначен соответствующий тип погоды) типичен для зимнего муссона и формируется при наличии антициклона к югу от Белого моря и развития активности циклонической активности над Баренцевым море. Для этого типа погоды ветры юго-западной четверти характеризуются силой 3-5 баллов, время от времени увеличивающейся до 8 баллов, а также чистым небом или небольшой слоисто-кучевой облачностью. При таком типе погоды средняя температура самого холодного месяца февраля составляет -15 °.

Северный зимний тип погоды (Сз) наблюдается в тыловой и центральной частях циклонов, расположенных над восточной и юго-восточной частями Баренцева моря и вызывающих вторжение арктического воздуха в регион Белого моря. Арктический воздух, пройдя над сравнительно теплой, свободной от льда поверхностью Баренцева моря, прогревается, увлажняется и приобретает неустойчивость, вследствие чего образуется кучевая и кучево-дождевая облачность с выпадением ливневого снега.

В связи с прохождением фронтов над морем ветры часто усиливаются до штормовых (6-7 баллов) и сопровождаются кратковременными обильными снегопадами. Средняя температура самого холодного месяца февраля составляет -12 °.

Северо-восточный зимний тип погоды (СВз) самый холодный на Белом море; образуется при движении антициклонов из Карского моря или северо-

западной Сибири. Этот тип погоды характеризуется преобладанием северо-западных ветров с силой от 3 до 6 баллов и преимущественно безоблачным небом. При такой погоде средняя температура самого холодного месяца января составляет -24 °.

Юго-западный теплый зимний тип погоды (ЮЗз) наблюдается, когда циклоны пересекают Белое море из Атлантического океана, и характеризуется ветрами из юго-западной четверти с силой от 6 до 9 баллов с последующим ослаблением от 3 до 5 баллов, обычно пасмурно, снег, а при слабых ветрах образуются туманы. При таком типе погоды средняя температура воздуха самого холодного месяца, февраля, составляет -б °, -7 °.

Северный летний тип погоды (Сл) типичен для летних муссонов и наблюдается, когда в Баренцевом море присутствуют антициклоны и когда циклоническая активность наблюдается к юго-востоку и югу от Белого моря.

Погода характеризуется ветрами с северо-востока с силой от 2 до 5, а иногда и с 6 до 7 баллов, значительной облачностью, периодическими легкими дождями и частыми туманами в северной части и в Горле Белого моря. Средняя температура колеблется от 10° июля до 5° сентябре.

Юго-западный летний тип погоды (ЮЗл) наблюдается, когда циклоны пересекают Баренцево море. Для него характерны юго-западные и западные ветры с силой от 4 до 6 баллов с порывами с силой до 8 баллов, резкими колебаниями облачности и кратковременными дождями. Средняя температура воздуха колеблется от 8 ° до 13 °.

Юго-восточный летний тип погоды (ЮВл) наблюдается в присутствии крупного антициклона в северо-восточной части Европы и характеризуется преобладанием ветров, выходящих с ЮВ в 2-4 балла, изредка увеличиваясь до 6 баллов, неба ясное над морем и облачно-кучевые облака; иногда над побережьем бывают грозы. Средняя температура колеблется от 19° в июле до 10° в сентябре.

Восточный летний тип погоды (Вл) обусловлен взаимодействием устойчивого антициклона в Баренцевом море и циклонами, прибывающими с

юга в Белое море. Погода характеризуется восточными ветрами с силой 3-5 баллов, непрерывными низкими облаками и длительными интенсивными дождями. Средняя температура воздуха колеблется от 5 ° до 12 °. Белое море относится к самым облачным регионам России. Среднегодовое количество облачных дней здесь колеблется от 160 до 220, а в отдельные годы от 200 до 250; выходных дней не более 10 - 30 в год. Менее ясные дни в северной части моря. Среднемесячная облачность колеблется от 7 до 8 баллов осенью и зимой до 6-7 баллов летом.

Самым облачным годом является период с октября по декабрь - январь, когда среднемесячное количество облачных дней достигает 18-24, июнь и август менее облачны, когда их количество падает до 10-17 за месяц. В остальные месяцы года среднее количество облачных дней колеблется в широких пределах от 12 до 20.

Количество ясных дней по сравнению с пасмурными очень мало. Среднее количество ясных дней по всей территории не превышает 1 - 5 за месяц. Чуть чаще они наблюдаются в июле.

Ясная погода чаще устанавливается при ветрах от В и Ю. Исключением являются Кандалакшский и Онежский заливы, где обычно наблюдаются ясные дни при ветрах от ЮЗ.

Осадки в описываемой области распределены неравномерно. Их среднегодовое количество колеблется от 250-300 мм в Северной части и в Горле моря до 400-500 мм в заливах.

Наибольшее количество осадков выпадает в период с июня по октябрь, когда их среднемесячное количество колеблется от 25 до 50 мм. В Северной части и в Горле моря до 40-70 мм, а в отдельные годы общее месячное количество осадков увеличивается до 66-154 мм.

Минимальное количество осадков выпадает в феврале и марте. В эти месяцы их среднемесячное снижение уменьшается до 10-25 мм. В остальные месяцы среднемесячное количество осадков колеблется от 10 до 35 мм. Наибольшее

суточное количество осадков от 40 до 80 мм выпадает в период с мая по сентябрь.

Следует отметить, что в некоторые годы месячные осадки могут быть в два-три раза выше или ниже среднемесячных значений.

Среднегодовое количество дней с осадками колеблется от 150 до 200. Наибольшее среднемесячное количество дней с осадками (15-22) приходится на период с сентября по ноябрь, а наименьшее (9-14) - с мая по июль; в остальные месяцы среднее количество дней с осадками колеблется от 12 до 19.

В некоторых случаях осадки выпадают в виде дождя зимой, а летом, особенно в северных регионах, в виде снега. Осенью и весной часто идут снег с дождем. Среднее количество дней со снегом в году варьируется от 88 до 125, а среднее количество дней со снегом зимой варьируется от 13 до 19 в месяц.

Снег обычно выпадает во второй декаде октября, однако устойчивый) (устойчивым считается такой снежный покров, который лежит непрерывно в течение всей зимы или с перерывом не более 3 дней на каждые 30 дней его залегания), снежный покров устанавливается в конце первой или в начале второй декады ноября и удерживается до конца апреля, а в более северных районах и до третьей декады мая.

В теплые зимы снежный покров сходит в первой или второй декаде апреля, а в холодные зимы длится до третьей декады мая или первой декады июня.

Средняя максимальная высота снежного покрова зимой обычно наблюдается в последнюю декаду марта, когда она составляет 30-80 см. В зависимости от характера зимы высота снега может сильно различаться. Например, в порту Архангельск она колеблется от 31 до 40 см зимой с небольшим количеством снега и до 131-140 см в снежную зиму.

Снежные бури на побережье Белого моря наблюдаются с октября по май, но в отдельные годы они случаются в июне. Среднее количество дней с метелью колеблется между 65-95 в Северной части и Горле моря до 35-55 в Бассейне моря. Снежные бури происходят чаще всего с декабря по март, когда

среднемесячное количество дней с ними достигает 11-17 в Северной части и в Горле моря и 5-12 в остальной части моря.

Грозы во всей рассматриваемой области редки. Среднегодовое количество дней с ними колеблется от 4-6 в северной части и морском ущелье до 7-11 в морском бассейне. Грозы наблюдаются с апреля по сентябрь. Чаще всего они наблюдаются с июля по август, а среднемесячное количество дней шторма в этот период составляет 1-2 в Северной части и Горле моря и 2-4 в заливах. В апреле, мае и сентябре грозы случаются не каждый год [5].

2.2 Описание города Кандалакша

Кандалакша - город в Мурманской области с населением 39,6 тыс. человек. Расположенный на берегу Кандалакшского залива Белого моря, в устье реки Нивы, в 200 км к югу от Мурманска, он окружен территорией Зашейковского лесничества. Это важный транспортный узел: через него пересекает дорога Санкт-Петербург-Мурманск и Октябрьская железная дорога, морской торговый порт работает. Основными предприятиями являются локомотивное депо, Кандалакшский алюминиевый завод, каскад Нивской ГЭС, Кандалакшский механический завод, Кандалакшский торговый порт [15].

2.3 Климат города Кандалакша

Кандалакша находится существенно южнее Мурманска, однако за счёт нахождения вдали от Баренцева моря климат её более континентальный, и является переходным от умеренного к субарктическому. Лето очень короткое, прохладное, зима более холодная, чем в Мурманске, но менее снежная, однако всё равно затяжная. Весна наступает только к концу апреля, зима начинается с конца октября. В Кандалакше 41 сутки, с 1−2 июня по 11−12 июля, отмечается полярный день, но не отмечается полярной ночи, при том что 22

декабря день очень короткий и близок к полярной ночи, он продолжается 1 час 13 минут, более чем в 19 раз меньше ночи.

Среднегодовая температура воздуха — 0,4 °C

Относительная влажность воздуха — 80 %

Средняя скорость ветра — 2,6 м/с

3. Многолетние изменения термического режима г. Кандалакша

3.1 Используемые данные наблюдений и их обработка

Для исследования климатических изменений температуры воздуха в г. Кандалакша использованы исходные данные ежедневных наблюдений за период 1912-2006 гг. (года). Данные взяты с сайта ВНИИГИ-МЦД (г. Обнинск) [16]. Это многолетний ряд наблюдений за среднесуточной приземной температурой в Кандалакше за 94-летний период с суточным разрешением.

Сначала выполнялось помесячное осреднение ежедневных значений температур за все годы периода. При полном отсутствии данных или пропуске 5 и более дней месяц исключался из дальнейшего анализа. На основании полученных среднемесячных значений затем рассчитывались среднегодовые значения для каждого года периода и многолетние климатические нормы каждого месяца.

3.2 Трендовые составляющие многолетних изменений

По среднемесячным значениям температур сформированы серии их многолетнего хода за весь рассматриваемый период отдельно для каждого месяца года. К их визуализации на графиках добавлены линейные тренды со своими уравнениями, первые коэффициенты которых показывают направление и интенсивность тенденции многолетнего изменения температуры. Полученные графики представлены на рисунках 3.1 – 3.14.

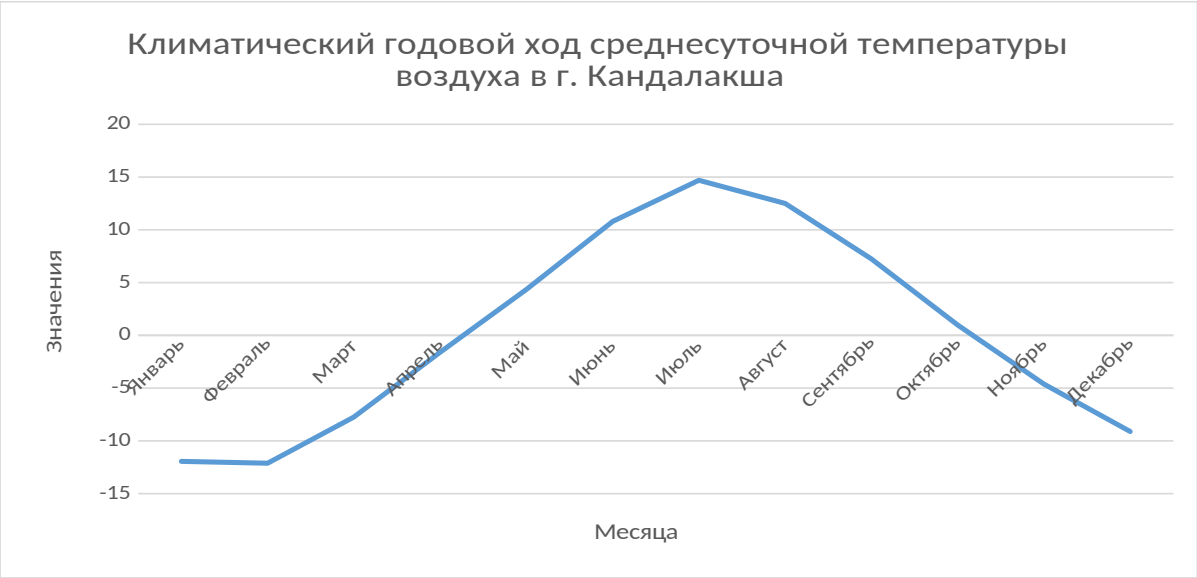

Рисунок 3.1 Климатический годовой ход среднесуточной температуры воздуха в г. Кандалакша (1912-2006 гг.)

Из графика видно, что самая высокая среднесуточная температура составляет 15 ^{0} в июле, а самая низкая -12 ^{0} приходится на январь и февраль.



Рисунок 3.2 Многолетний ход среднесуточной температуры в г. Кандалакша в январе (1912-2006 гг.)

Слабо нисходящая линия тренда указывает на незначительное многолетнее снижение январских температур. Наиболее низкой температура была в январе 1987 г., а наиболее высокой в январе 1925 г.

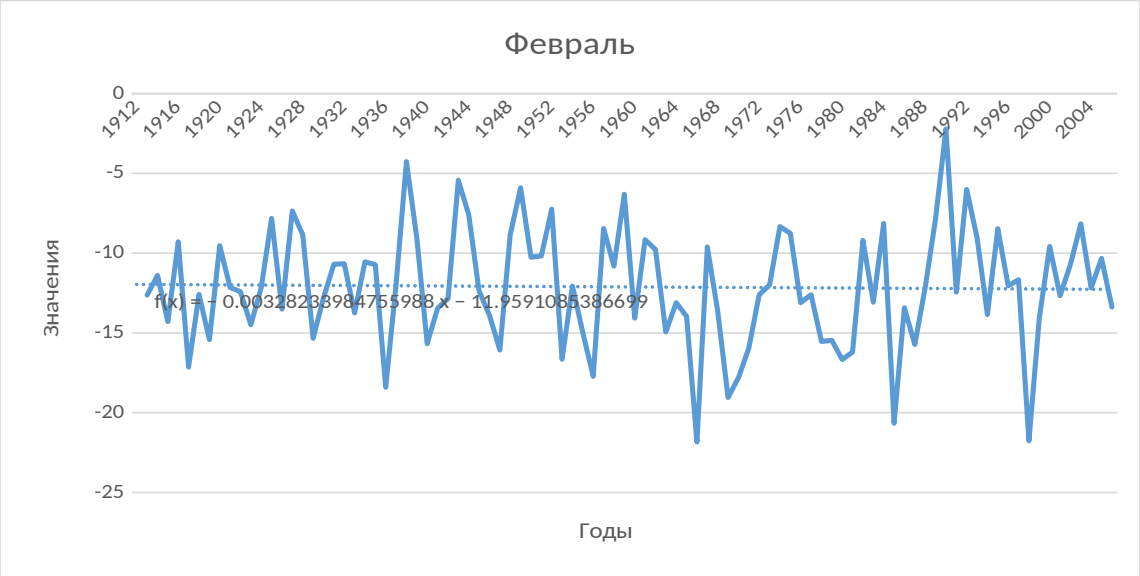

Рисунок 3.3 Многолетний ход среднесуточной температуры в г. Кандалакша в феврале (1912-2006 гг.)

Слабо нисходящая линия тренда на рис. 3.3 указывает на общую многолетнюю тенденцию слабого понижения февральских температур. Наиболее низкой температура была в феврале 1965 и 1997 гг., а наиболее высокой в феврале 1990 г.

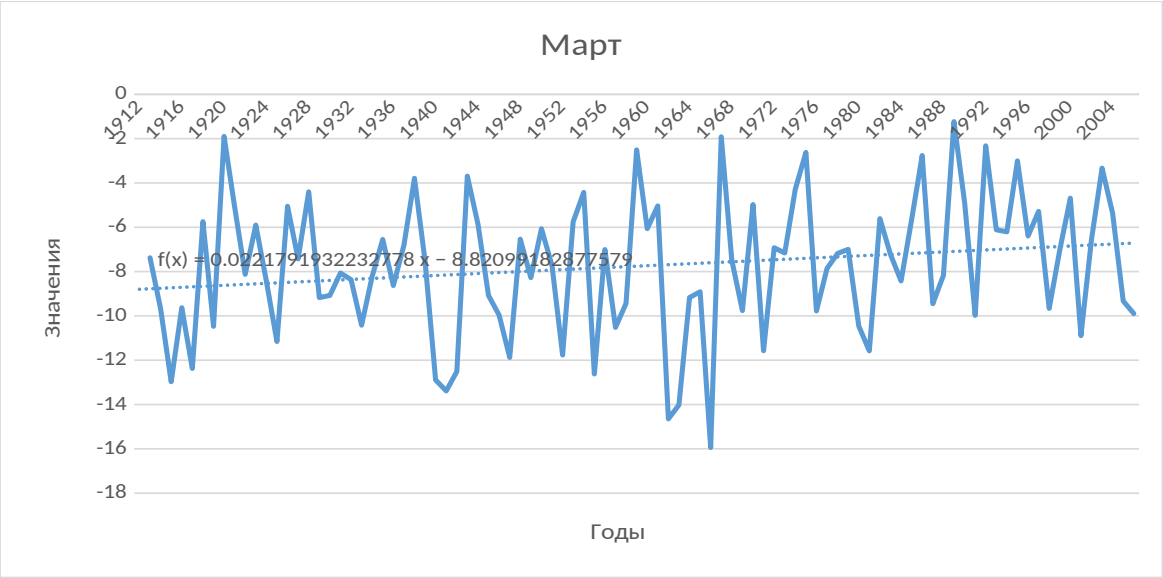

Рисунок 3.4 Многолетний ход среднесуточной температуры в г. Кандалакша в марте (1912-2006 гг.)

Восходящая линия тренда на рис. 3.4 указывает на общую многолетнюю тенденцию повышения температуры в марте. Наиболее низкой температура была в марте 1966 г., а наиболее высокой в марте 1989 г.

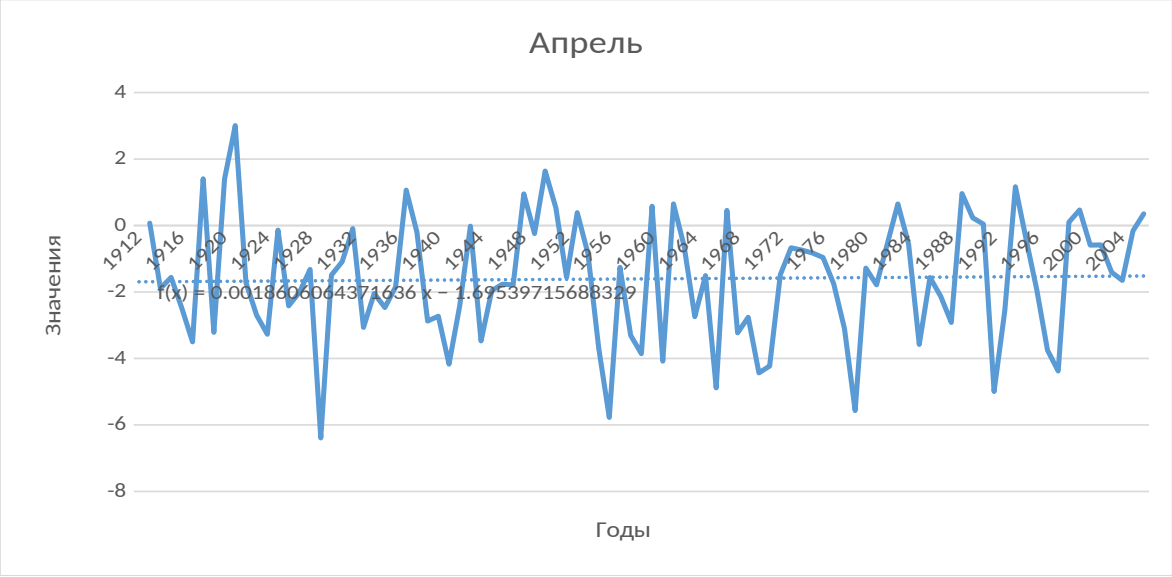

Рисунок 3.5 Многолетний ход среднесуточной температуры в г. Кандалакша в апреле (1912-2006 гг.)

Слабо восходящий тренд на рис. 3.5 демонстрирует общую многолетнюю тенденцию слабого повышения апрельских температур. Наиболее низкой температура была в апреле 1929 г., а наиболее высокой в апреле 1920 г.

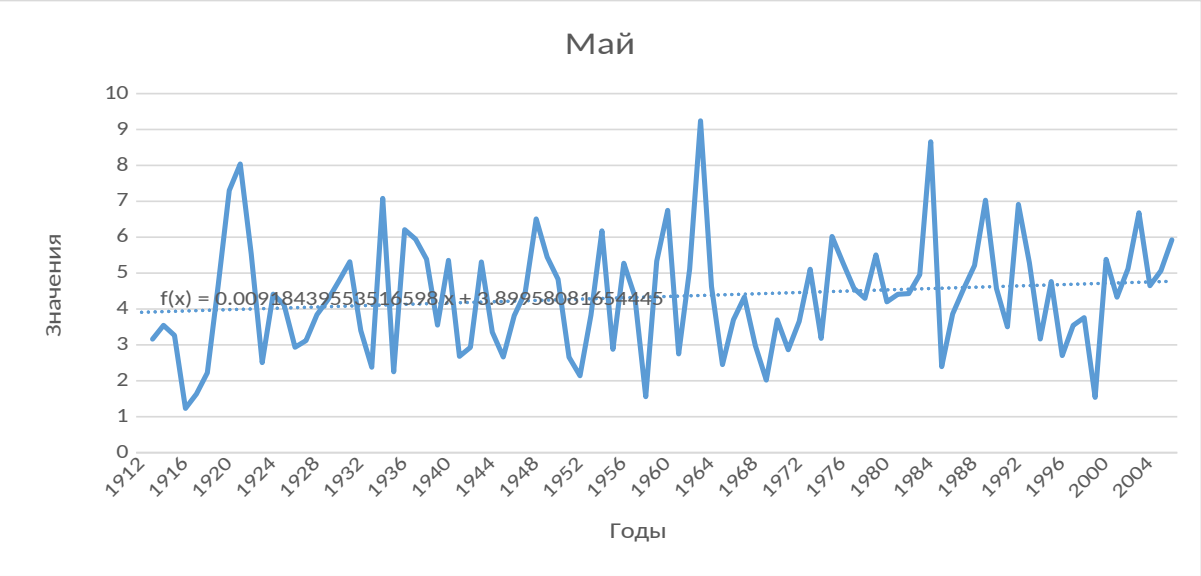

Рисунок 3.6 Многолетний ход среднесуточной температуры в г. Кандалакша в мае (1912-2006 гг.)

Восходящий тренд на рис. 3.6 демонстрирует общую многолетнюю тенденция повышения температур в мае. Наиболее низкой температура была в мае 1916 г., а наиболее высокой в мае 1962 г.

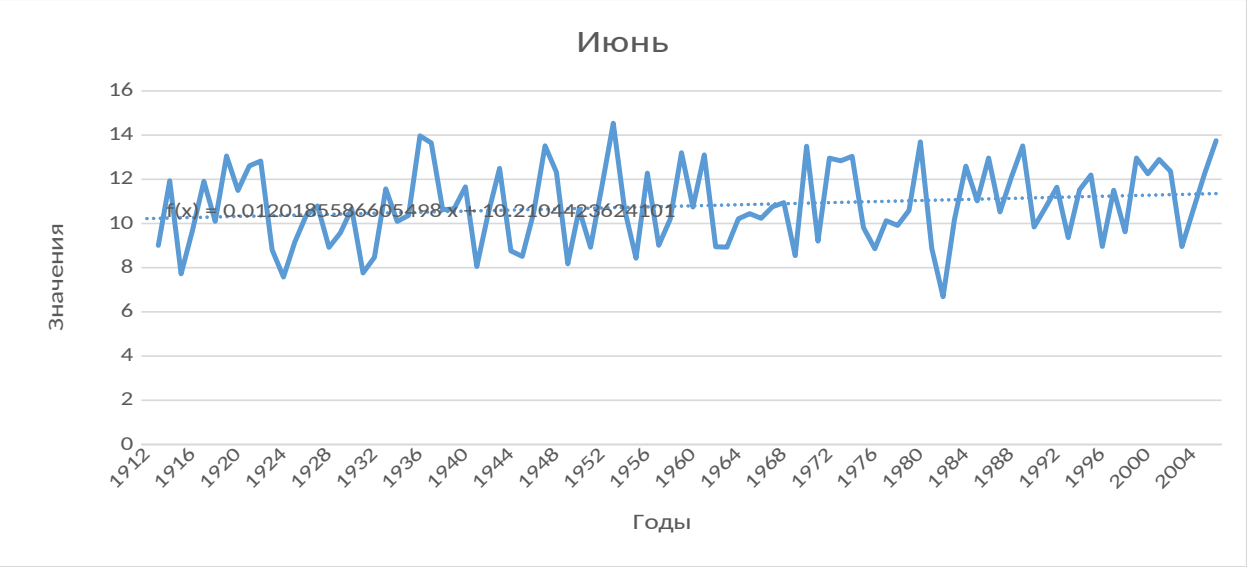

Рисунок 3.7 Многолетний ход среднесуточной температуры в г. Кандалакша в июне (1912-2006 гг.)

Линия тренда июньских температур восходящая, что указывает на общую многолетнюю тенденцию повышения июньских температур. Наиболее низкой температура была в июне 1982 г., а наиболее высокой в июне 1952 г.

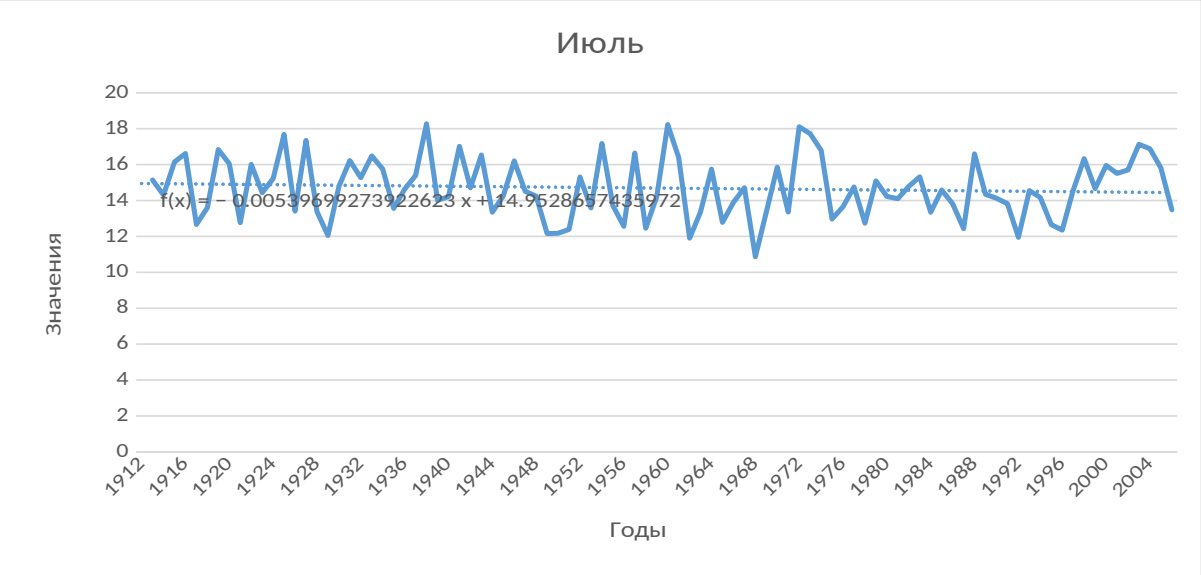

Рисунок 3.8 Многолетний ход среднесуточной температуры в г. Кандалакша в июле (1912-2006 гг.)

Слабо нисходящая линия тренда отражает общую многолетнюю тенденцию незначительного понижения июльских температур. Наиболее низкой температура была в июле 1967 г., а наиболее высокой в июле 1937 и 1959 гг.

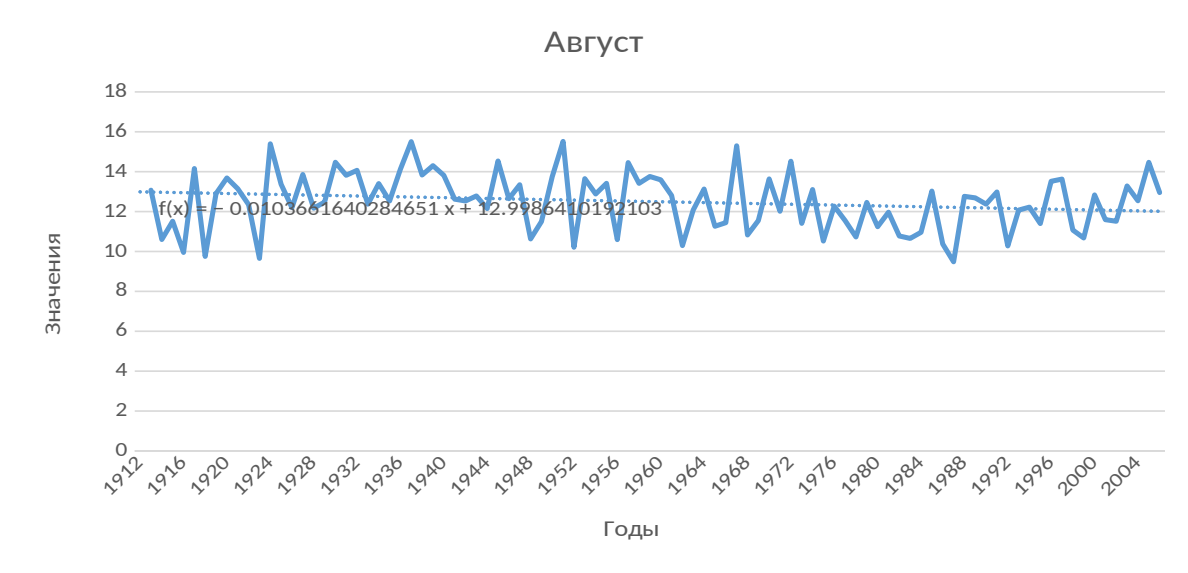

Рисунок 3.9 Многолетний ход среднесуточной температуры в г. Кандалакша в августе (1912-2006 гг.)

Слабо нисходящая линия тренда отражает общую многолетнюю тенденцию незначительного понижения августовских температур. Наиболее низкой температура была в августе 1987 г., а самой высокой в августе 1951 г.

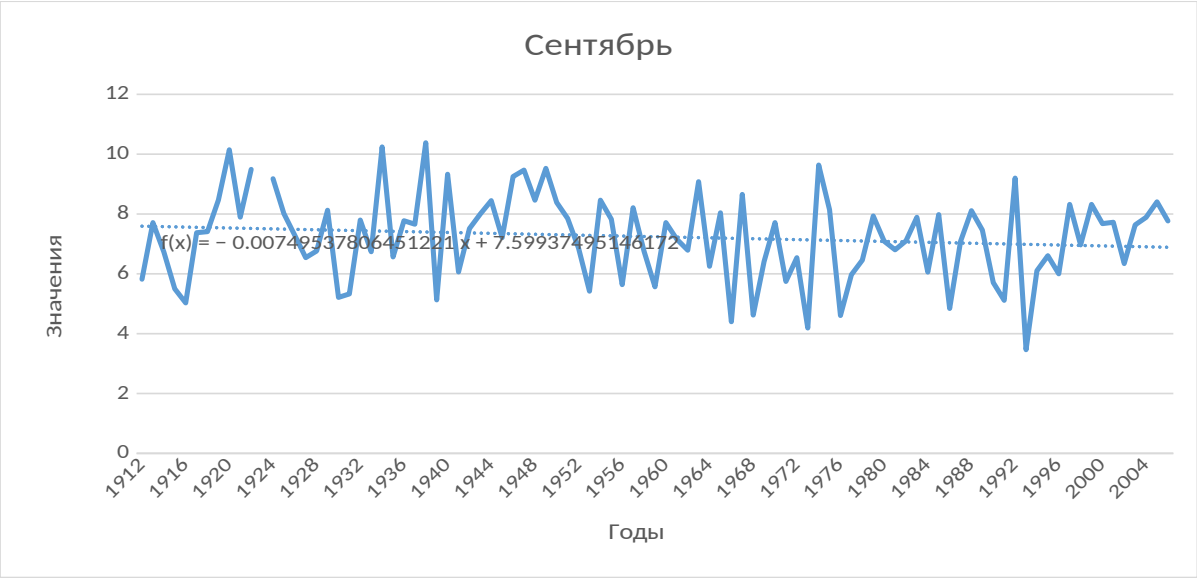

Рисунок 3.10 Многолетний ход среднесуточной температуры в г. Кандалакша в сентябре (1912-2006 гг.)

Слабо нисходящая линия тренда отражает общую многолетнюю тенденцию незначительного понижения сентябрьских температур. Наиболее низкой температура была в сентябре 1993 г., а наиболее высокой в сентябре 1938 г.

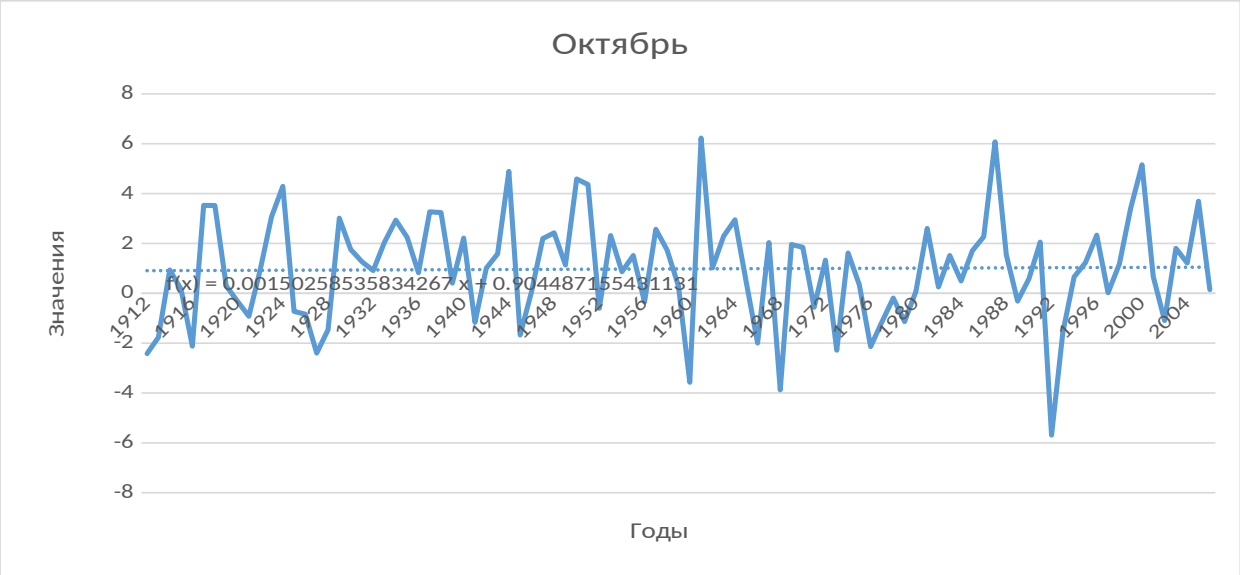

Рисунок 3.11 Многолетний ход среднесуточной температуры в г. Кандалакша в октябре (1912-2006 гг.)

Слабо восходящая линия тренда демонстрирует общую многолетнюю тенденцию слабого повышения октябрьских температур. Наиболее низкой температура была в октябре 1992 г., а наиболее высокой в октябре 1961 г.

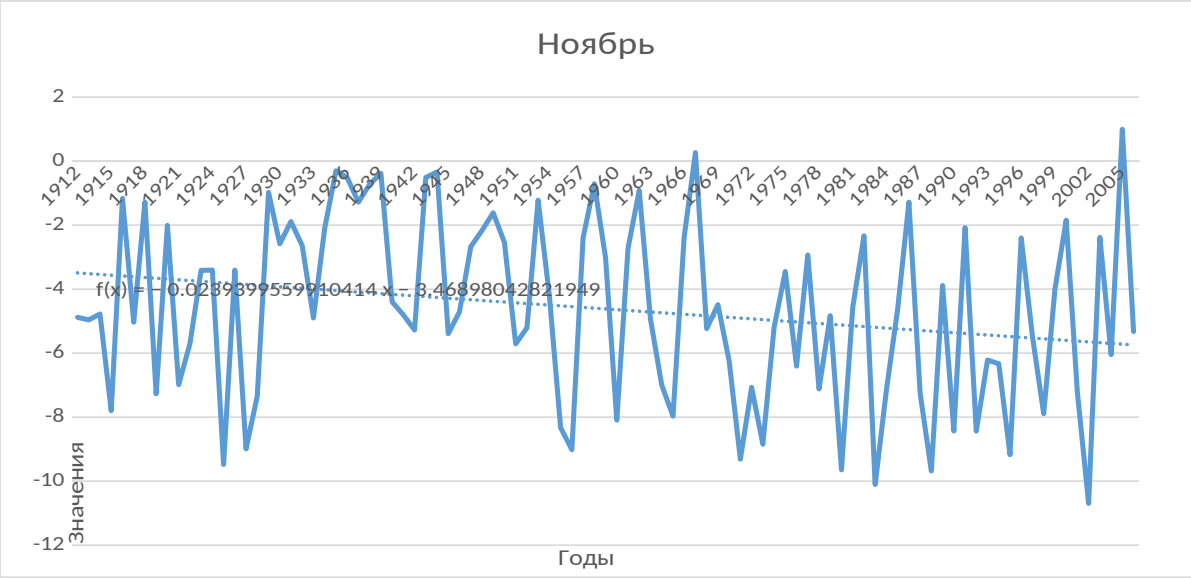

Рисунок 3.12 Многолетний ход среднесуточной температуры в г. Кандалакша в ноябре (1912-2006 гг.)

Линия тренда нисходящая, указывающая на общую многолетнюю тенденцию понижения ноябрьских температур. Наиболее низкой температура была в ноябре 2002 г., а наиболее высокой в ноябре 2006 г.



Рисунок 3.13 Многолетний ход среднесуточной температуры в г. Кандалакша в декабре (1912-2006 гг.)

Нисходящая линия тренда демонстрирует общую многолетнюю тенденцию понижения декабрьских температур. Наиболее низкой температура была в декабре 1916 г., а наиболее высокой в декабре 1954 г.

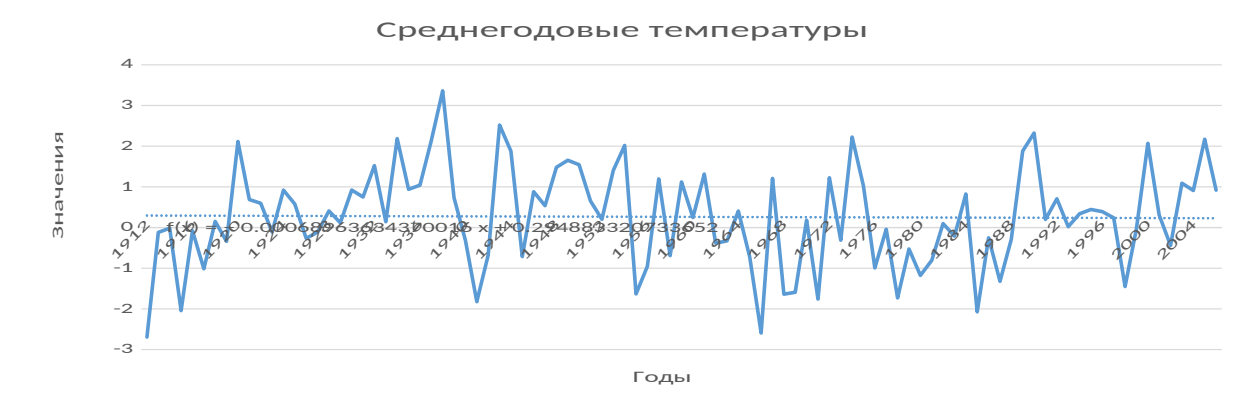

Рисунок 3.14 Многолетний ход среднегодовых значений среднесуточной температуры в г. Кандалакша (1912-2006 гг.)

На рис. 3.14 видна общая многолетняя тенденция практической неизменности среднегодовых значений среднесуточной температуры в целом, на что указывает практически параллельная оси OX линия тренда. Наиболее низкой температура была в 1912 г., а наиболее высокой в 1937 г.

Первые коэффициенты уравнений всех линий трендов, представленных на рисунках 3.2 – 3.14 и характеризующих направленность и крутизну их наклона, сведены в таблицу 3.1.

Исходя из данных этой таблицы, можно сделать следующие выводы:

1. В первом полугодии преобладают тенденции многолетнего повышения приземной температуры, а во втором полугодии – понижения.

2. Наиболее интенсивное потепление происходит в весеннем сезоне, особенно в марте (0,0222), а похолодание в осеннем и зимнем сезонах, особенно в ноябре (-0,0239).

3. В целом за год при этом преобладает многолетняя тенденция совсем незначительного понижения температуры.

Таблица 3.1 Значения первых коэффициентов уравнений линий трендов многолетних изменений максимальной температуры в г. Кандалакше по месяцам

Месяц	Коэффициент линии тренда
Январь	-0,0107
Февраль	-0,0033
Март	0,0222
Апрель	0,0019
Май	0,0092
Июнь	0,012
Июль	-0,0054
Август	-0,0104
Сентябрь	-0,0075
Октябрь	0,0015
Ноябрь	-0,0239
Декабрь	-0,0235
Ср. годовые	-0,0007

3.3 Периодические составляющие многолетних изменений

Далее анализировались наличия откликов в многолетнем ходе температур воздуха на влияние внешних квазипериодических факторов – Северо-Атлантического колебания (INAO) и обращение Юпитера.

Индекс NAO использовался в виде среднегодового значения и среднего за зимний сезон (декабрь - март). Среднегодовые значения взяты в готовом виде, а средние зимние значения рассчитаны по значениям за соответствующие месяцы.

В качестве количественного параметра периода обращения Юпитера использованы значения синусов серединных углов 30-градусных секторов (фаз), положение Юпитера относительно Солнца.

На рис. 3.15 визуализирована временная динамика рассматриваемых квазипериодических внешних воздействующих факторов. Можно отметить некоторую общую схожесть в периодах повышенных и пониженных значений обоих индексов NAO. При этом с более длительными циклами обращения Юпитера связь визуально не прослеживается.

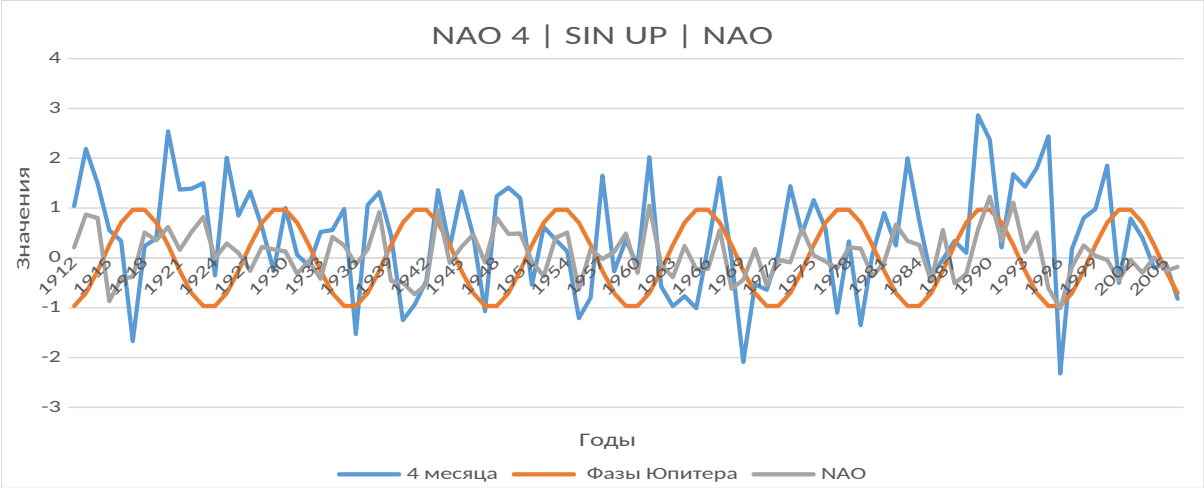

Рисунок 3.15 Многолетний ход рассматриваемых квазипериодических внешних воздействующих факторов: фаз обращения Юпитера, индексов NAO четырёх холодных месяцев и среднегодового (1912-2006гг.)

Количественная мера связности между фазами обращения Юпитера, индексом NAO четырёх холодных месяцев и индексом NAO среднегодовым в виде коэффициентов парной линейной корреляции представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.2 Коэффициенты парной линейной корреляции между фазами обращения Юпитера (Sinx), индексом NAO четырёх холодных месяцев (I NAO декабрь-март) и индексом NAO среднегодовой (I NAO за год)

Коэф. Коррел. Sinx - I NAO декабрь-март	-0,13717
Коэф. Коррел. Sinx - I NAO за год	-0,13698
Коэф. Коррел. I NAO декабрь-март/I NAO за год	0,585019

Полученные значения коэффициентов корреляции подтверждают вывод, сделанный ранее на основе анализа рис. 3.15. Из таблицы 3.2 видно, что коэффициенты корреляции между обоими индексами NAO и фазами обращения Юпитера близки к нулю и отрицательны. Это указывает на отсутствие 12-летней составляющей в цикличности NAO. При этом коэффициент корреляции между индексами NAO декабрь-март и среднегодовым около 0,6 и положительный, что указывает на определенную прямую связь между ними. Теснота этой связи не позволяет говорить об их взаимозаменяемости.

Далее на рисунках 3.16 – 3.27 отображен совместный многолетний ход трех рассматриваемых внешних влияющих факторов и среднемесячных температур воздуха отдельно для каждого из месяцев.

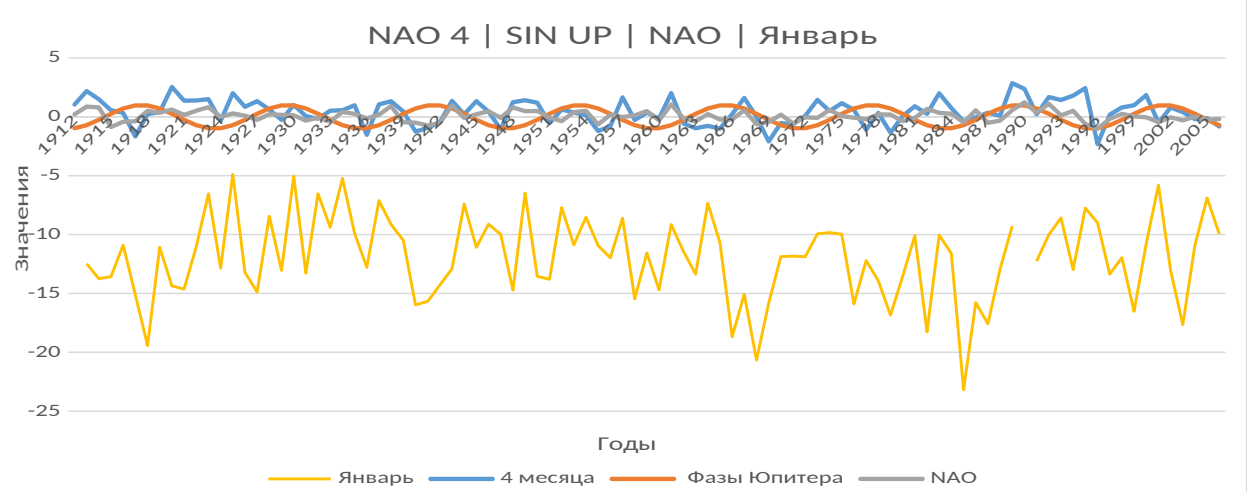

Рисунок 3.16 Многолетний ход среднемесячных значений среднесуточной температуры в г. Кандалакша в январе и внешних квазипериодических факторов (1912-2006 гг.)

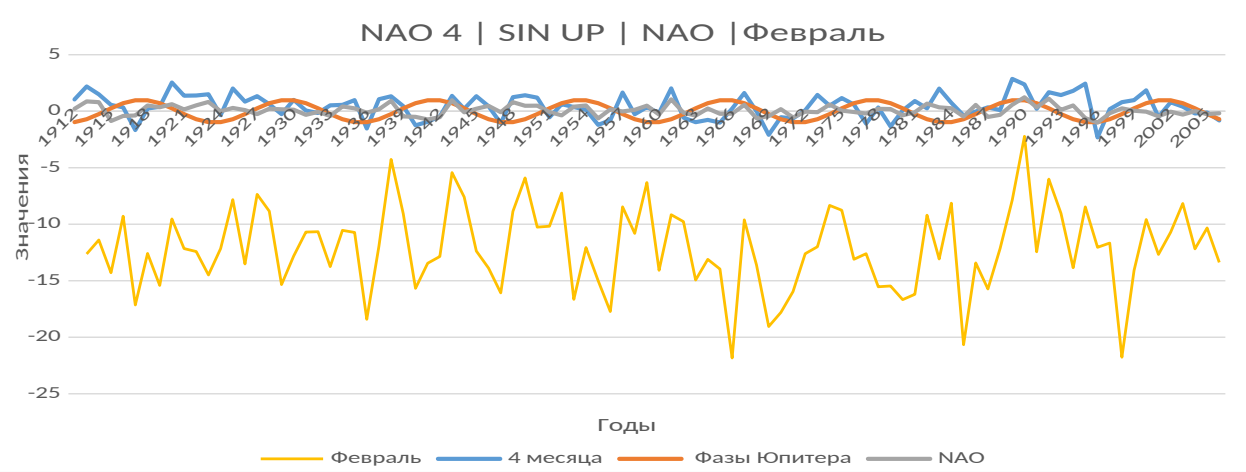

Рисунок 3.17 Многолетний ход среднемесячных значений среднесуточной температуры в г. Кандалакша в феврале и внешних квазипериодических факторов (1912-2006 гг.)

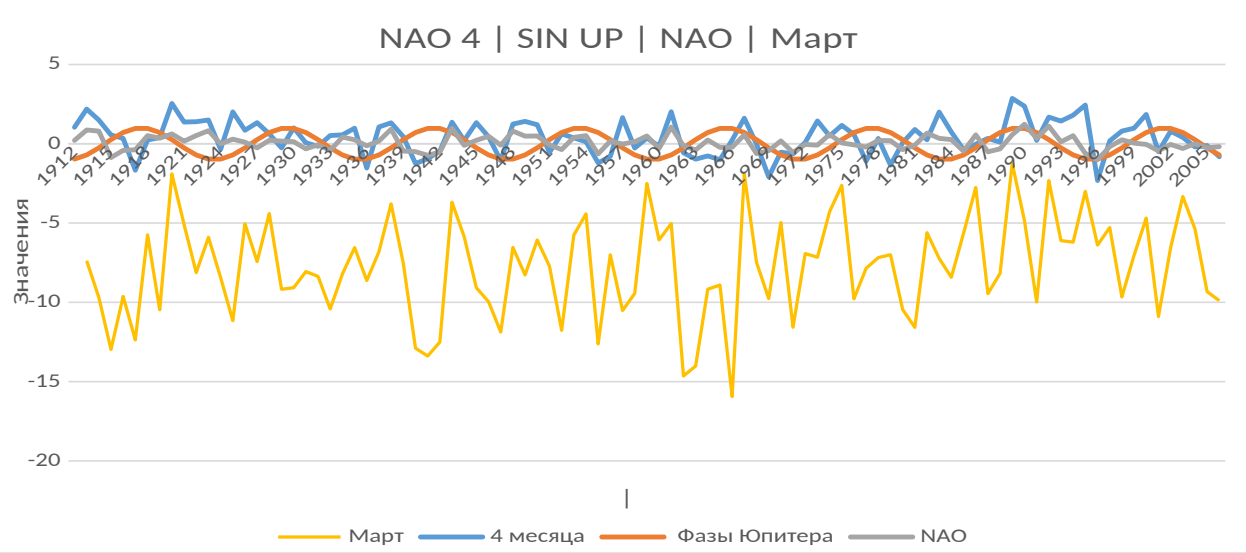

Рисунок 3.18 Многолетний ход среднемесячных значений среднесуточной температуры в г. Кандалакша в марте и внешних квазипериодических факторов (1912-2006 гг.)

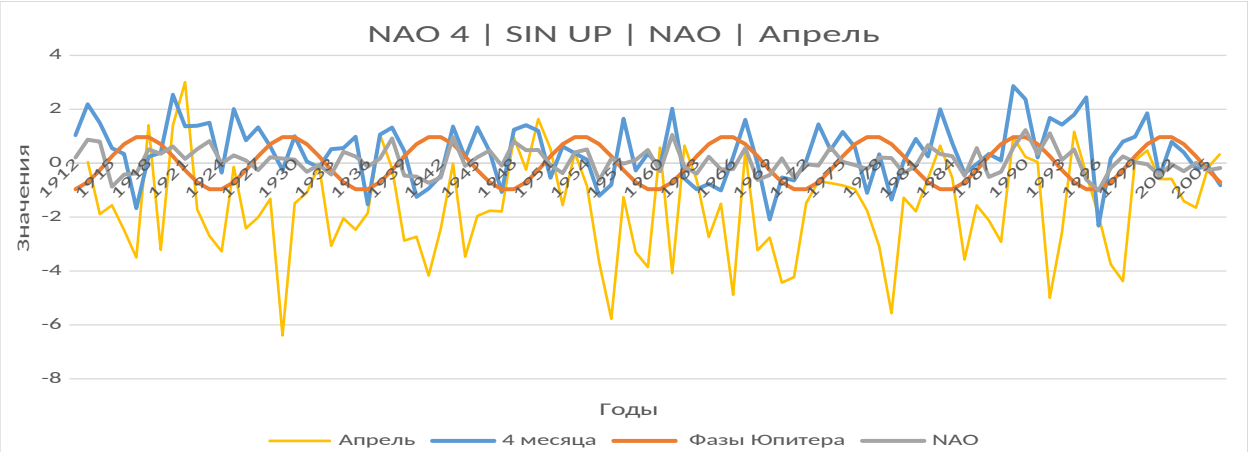

Рисунок 3.19 Многолетний ход среднемесячных значений среднесуточной температуры в г. Кандалакша в апреле и внешних квазипериодических факторов (1912-2006 гг.)

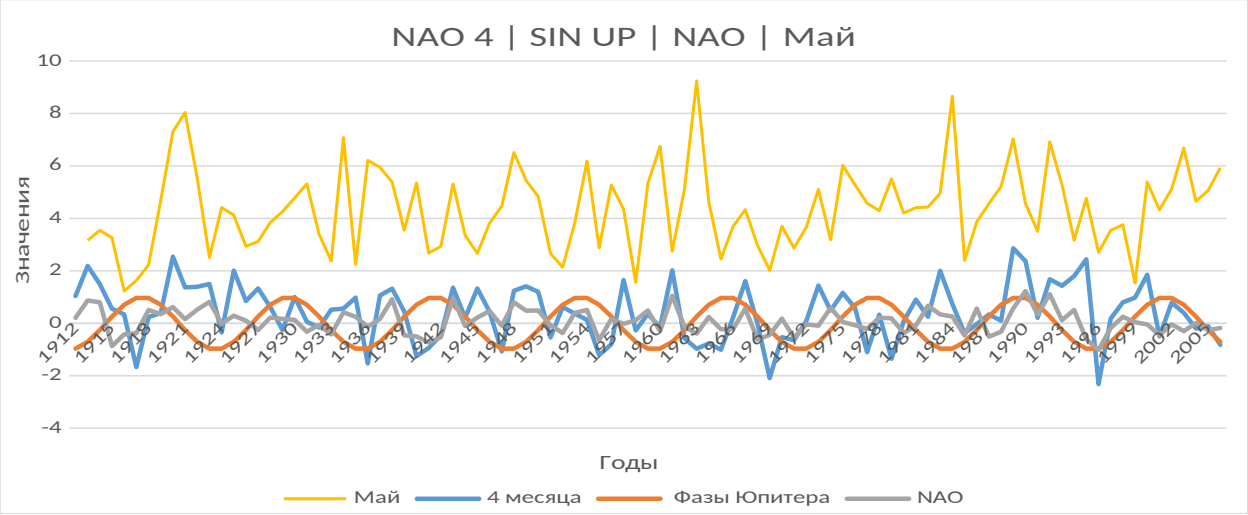

Рисунок 3.20 Многолетний ход среднемесячных значений среднесуточной температуры в г. Кандалакша в мае и внешних квазипериодических факторов (1912-2006 гг.)

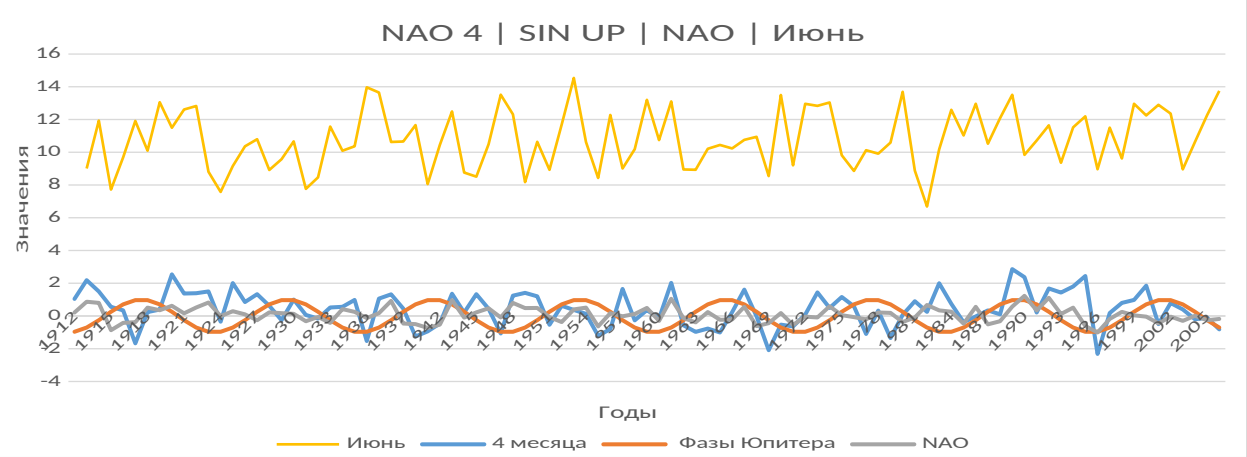

Рисунок 3.21 Многолетний ход среднемесячных значений среднесуточной температуры в г. Кандалакша в июне и внешних квазипериодических факторов (1912-2006 гг.)

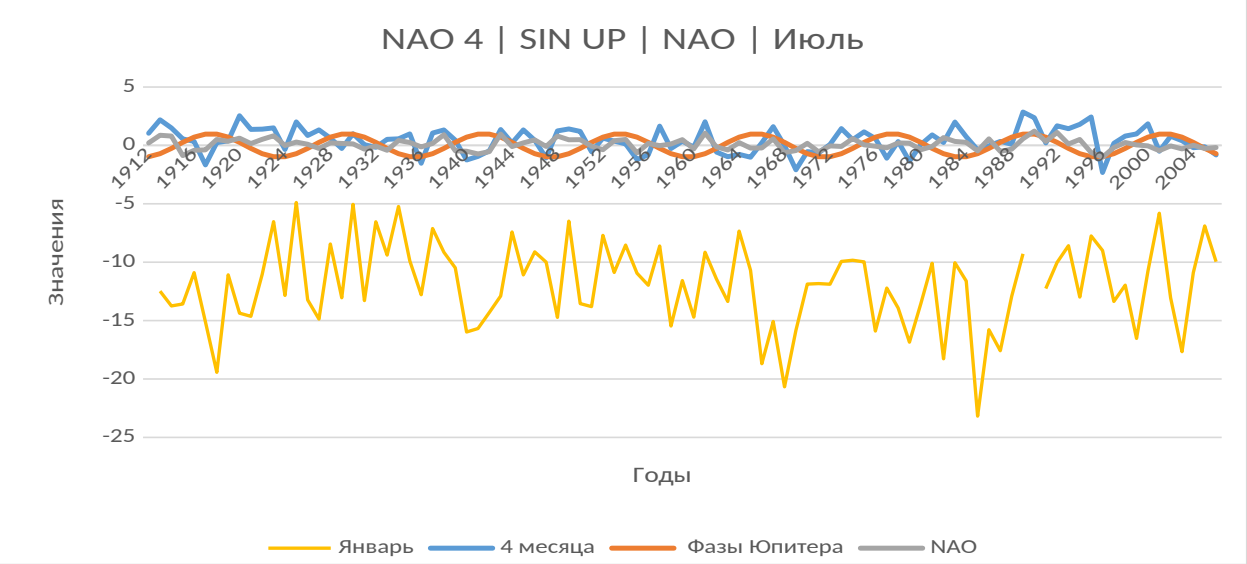

Рисунок 3.22 Многолетний ход среднемесячных значений среднесуточной температуры в г. Кандалакша в июле и внешних квазипериодических факторов (1912-2006 гг.)

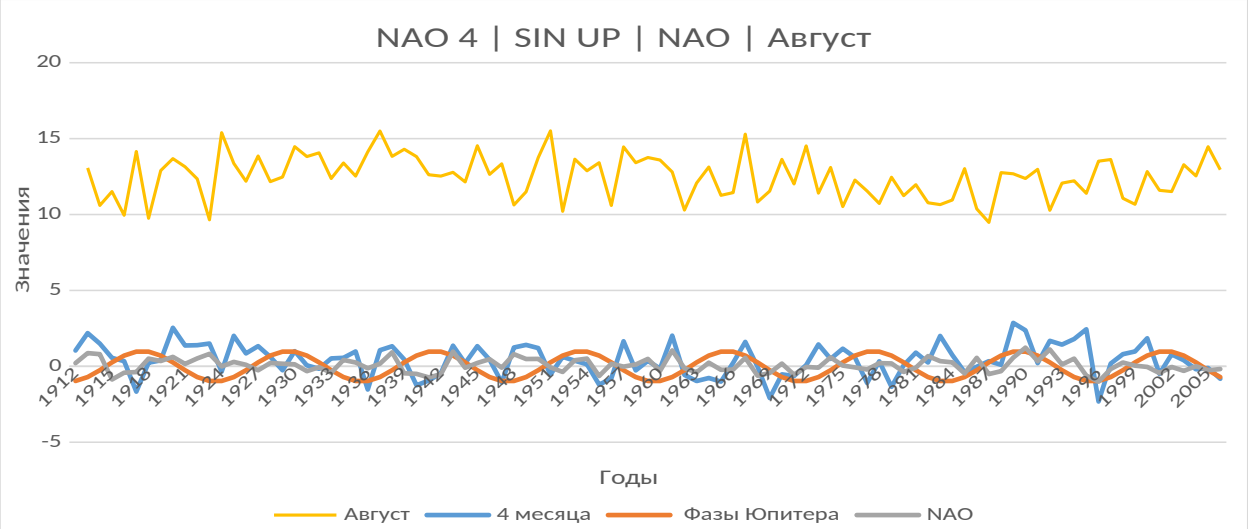

Рисунок 3.23 Многолетний ход среднемесячных значений среднесуточной температуры в г. Кандалакша в августе и внешних квазипериодических факторов (1912-2006 гг.)

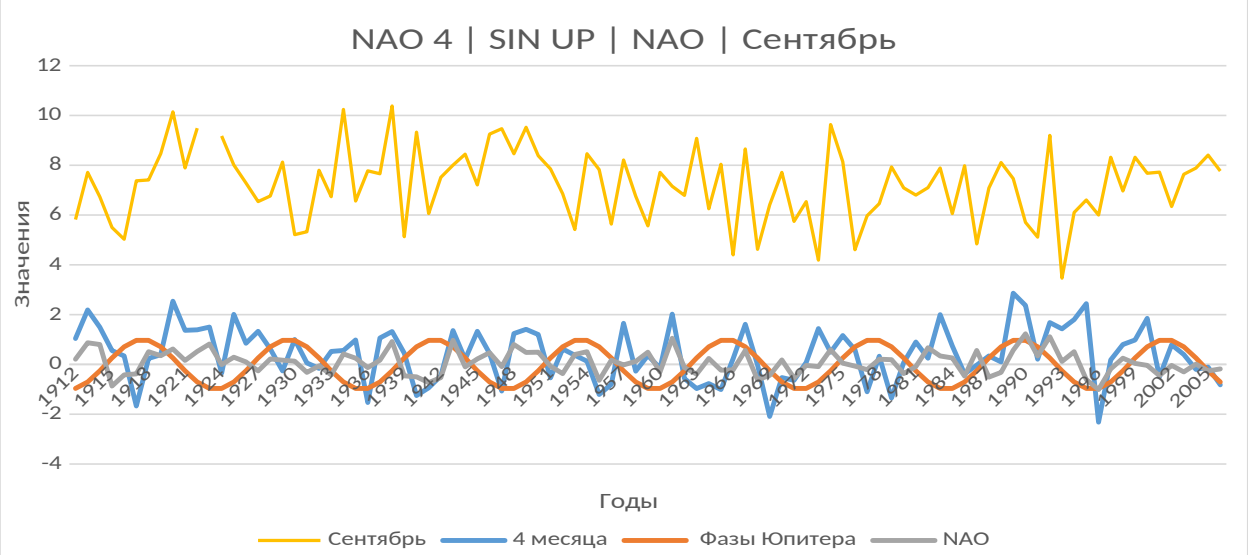

Рисунок 3.24 Многолетний ход среднемесячных значений среднесуточной температуры в г. Кандалакша в сентябре и внешних квазипериодических факторов (1912-2006 гг.)

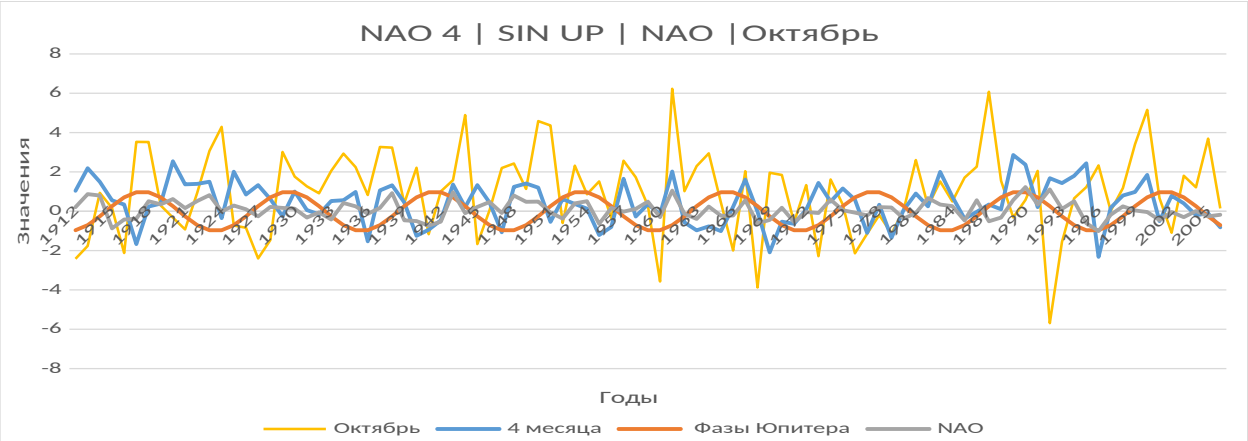

Рисунок 3.25 Многолетний ход среднемесячных значений среднесуточной температуры в г. Кандалакша в октябре и внешних квазипериодических факторов (1912-2006 гг.)

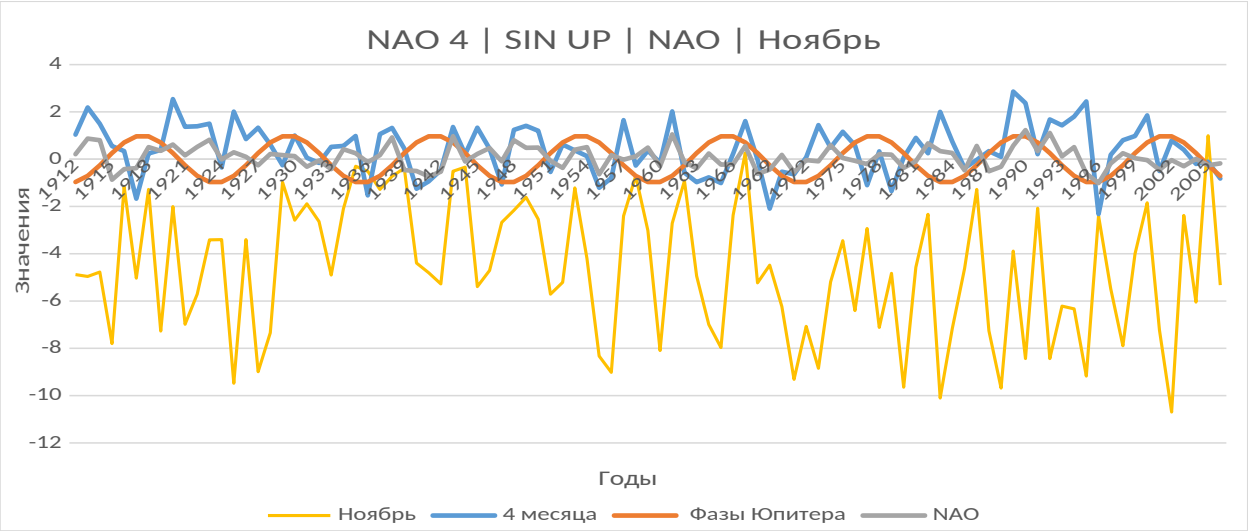

Рисунок 3.26 Многолетний ход среднемесячных значений среднесуточной температуры в г. Кандалакша в ноябре и внешних квазипериодических факторов (1912-2006 гг.)

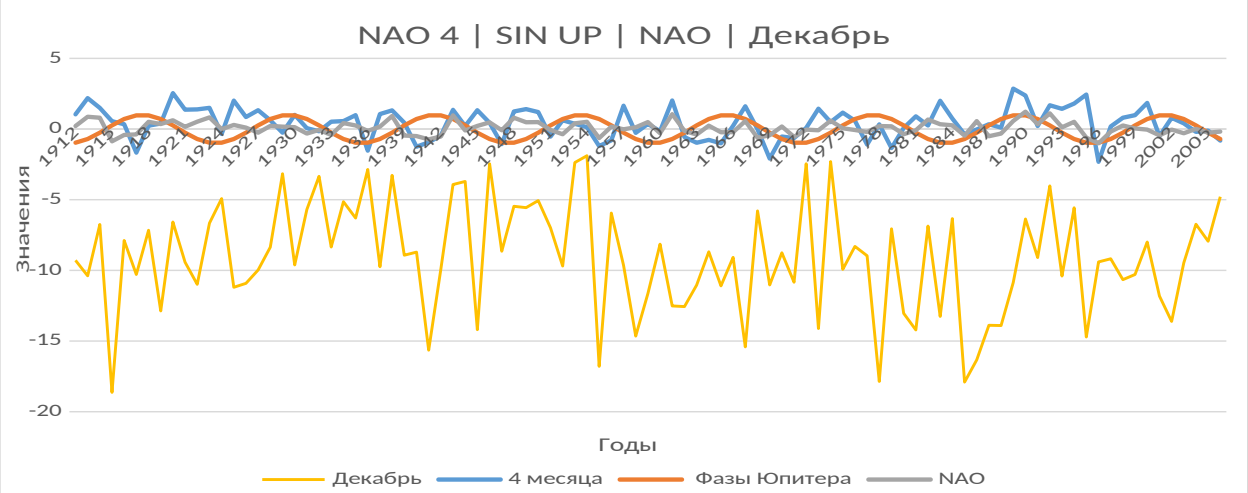

Рисунок 3.27 Многолетний ход среднемесячных значений среднесуточной температуры в г. Кандалакша в декабре и внешних квазипериодических факторов (1912-2006 гг.)

На рисунках 3.16 – 3.19 (январь – апрель) и отчасти даже на рис. 3.20 (май) можно визуально отметить ослабевающую общую согласованность между временной динамикой индексов NAO и температуры воздуха, особенно с зимним индексом NAO12-3. Для последующих месяцев какая-либо согласованность не прослеживается.

В качестве количественной меры отмеченной выше некоторой визуально наблюдаемой согласованности между многолетним ходом температуры и индекса NAO12-3 преимущественно для месяцев начала года с ее затуханием по мере увеличения сдвига по времени использована парная линейная корреляционная связь. Полученные значения коэффициентов корреляции представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 Коэффициенты парной линейной корреляции температуры воздуха с зимним индексом NAO (NAO12-3) и фазами обращения Юпитера (SINx) по месяцам

Месяцы	NAO12-3	SINx
январь	0,506558	-0,16224
февраль	0,237506	-0,16224
март	0,460843	-0,11217

апрель	0,409084	-0,11217
май	0,200364	-0,0562
июнь	0,103103	-0,08302
июль	0,193002	-0,04084
август	-0,09139	-0,08596
сентябрь	0,04964	-0,14116
октябрь	-0,09812	-0,01376
ноябрь	-0,04997	-0,01376
декабрь	-0,00453	-0,06981

Данные таблицы 3.3 указывают на отсутствие в многолетнем ходе температуры всех месяцев в Кандалакше выраженного 12-летнего цикла, соответствующего циклам солнечной активности. Период межгодовых колебаний температур намного меньше 12-летнего периода.

Прослеживается определенная связь с циклами Северо-Атлантического колебания, представленного зимним индексом NAO12-3.

Наиболее тесная прямая связь между ними для января месяца (коэффициент корреляции равен 0,51), т.е. синхронная во времени. С увеличением временного сдвига между зимним индексом и рассматриваемым месяцем года эта связь постепенно затухает. При этом для весенних марта и апреля коэффициенты корреляции еще на уровне 0,5 и 0,4 соответственно. В мае уже 0,2, в летние месяцы около 0,1 и 0,2 в июле, причем в августе корреляция уже обратная. В последующие месяцы преобладают отрицательные значения коэффициентов корреляции с общей тенденцией уменьшения их величины, составляющей в декабре -0,00453.

Корреляционная связь многолетнего хода температуры с фазами обращения Юпитера слабая для всех месяцев года. Значения коэффициентов корреляции колеблются около 0,1 и стабильно отрицательны.

Заключение

На основании выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1. В первом полугодии в Кандалакше преобладают общие трендовые тенденции многолетнего повышения приземной температуры, а во втором полугодии – понижения.

2. Наиболее интенсивное потепление происходит в весеннем сезоне, в марте, а похолодание в осеннем и зимнем сезонах, наиболее интенсивно в ноябре.

3. В целом за год при этом преобладает многолетняя тенденция крайне незначительного понижения температуры.

4. В многолетнем ходе температуры всех месяцев в Кандалакше отсутствует выраженный 12-летний цикл, соответствующий циклам солнечной активности. Период межгодовых колебаний температуры намного меньше 12-летнего периода.

5. Прослеживается определенная связь многолетнего хода температуры с циклами Северо-Атлантического колебания, представленного зимним индексом NAO12-3. Наиболее тесная прямая связь между ними для января месяца (коэффициент корреляции 0,51), т.е. синхронная во времени. С увеличением временного сдвига между зимним индексом и рассматриваемым месяцем года эта связь затухает.

Список использованной литературы

1. Лопарь Н.В. Понятие о климате ,2008г. [Электронный ресурс]. -URL: http://www.lopas.ru/atmosfera-i-klimat/ponyatie-o-klimate

2. Климатообразующие факторы «Метеоролог и я - просто о сложном» [Электронный ресурс]. URL:https://meteo59.ru/book/klimat/klimatoobrazuyushchie-faktory.php.

3. Причины изменения климата на планете [Электронныйресурс]. — Режимдоступа: URL:http://biofile.ru/bio/22196.html/.

4. Геофизические факторы изменения климата [Электронный ресурс]. URL:https://collectedpapers.com.ua/ru/climate_and_human_activities/geofizichni-faktori-zmini-klimatu/ (2015).

5. Open Library - открытая библиотека учебной информации [Электронный ресурс]. URL:http://oplib.ru/fizika/view/1051835_fizicheskie_polya_zemli/.

6. 24 справочник: Климат и погода. Климатообразующие факторы [Электронный ресурс]. URL:https://spravochnick.ru/geografiya/klimat_i_pogoda_klimatoobrazuyuschie_faktory/.

7. Рельеф как климатообразующий фактор [Электронный ресурс]. URL:https://otherreferats.allbest.ru/agriculture/00502970_0.html/.

8. [Электронный ресурс]. URL:http://elementy.ru/lib/430449

9. «*Nature*», 1990, т. 346, с. 713.

10. Яншин А.Л., Будыко М.И., Израэль Ю.А. Глобальное потепление и его последствия: Стратегия принимаемых мер. В сб.: Глобальные проблемы биосферы. — М.: Наука, 2003.

11. Хромов С.П. Метеорология и климатология для географических факультетов Учебное пособие/ Ленинград: Гидрометеоиздат, 1968. – 491 с.

12. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. /Часть 1 – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 700 с.

13. Гидрометеорологические опасности. Тематический том Г464 / под ред. Г.С. Голицына, А.А.Васильева – М.: Издательская фирма КРУК, 2001. -296 с.

14. Кандалакшский информационный ресурс. [Электронный ресурс]. -URL: http://www.kandalaksha.org

15. Парфенов И.Н. Общая характеристика климата Белого моря, 2006 г. [Электронный ресурс]. -URL: http://5materik.ru/stati/149-klimat-belogo-morya.html

16. Данные [Электронный ресурс]/ ВНИИГМИ-МЦД – г. Обнинск. Сайт ВНИИГМИ-МЦД: www.meteo.ru.

17. Монин А.С. Влияние планет на климат Земли/ А.С. Монин // Глобальные изменения природной среды (климат и водный режим). – М.: Научный мир, 2000.–С. 122–128.