



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: «Изменчивость метеорологического режима Карелии
(Петрозаводск)»

Исполнитель Дубровина Елена Николаевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель доцент кафедры МКОА
(ученая степень, ученое звание)
Михайловский Юрий Павлович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

С.И. Сердюков
(подпись)
к. г.-н. и, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Сердюков Олег Сергеевич
(фамилия, имя, отчество)

« 9 » 06 2021 г.

Санкт – Петербург
2021

Содержание

	Введение	4
1	Природные условия.....	7
1.1	Краткие физико – географические условия района.....	7
1.2	Почвенно-растительный покров.....	9
1.3	Характеристика гидрографической сети.....	9
1.4	Экологическая обстановка.....	
1.5	Краткая характеристика материала метеорологических наблюдений	
2	Оценка однородности и стационарности рядов основных метеорологических элементов.....	
2.1	Исходные данные.....	
2.2	Проверка рядов на однородность.....	
2.3	Оценка временных трендов.....	
3	Оценка метеорологического режима Карелии (г. Петрозаводск)....	
3.1	Радиационный режим.....	
3.2	Особенности атмосферной циркуляции.....	
3.2.1	Атмосферное давление.....	
3.2.2	Ветер.....	
3.3	Термический режим.....	
3.3.1	Изменчивость температуры воздуха.....	
3.3.2	Температура почвы.....	
3.4	Режим атмосферного увлажнения.....	
3.4.1	Влажность воздуха.....	
3.4.2	Изменчивость атмосферных осадков.....	
3.4.3	Снежный покров.....	
3.5	Режим облачности и атмосферные явления.....	
3.5.1	Облачность.....	
3.5.2	Атмосферные явления.....	
4	Климатическая характеристика сезонов.....	

4.1	Зима.....
4.2	Лето.....
4.3	Весна и осень.....
	Заключение.....
	Список литературы.....
	Приложения.....
	Приложение А – многолетние среднемесячные температуры воздуха за период 1966-2020 гг.....
	Приложение Б – Многолетние значения среднемесячной и среднегодовой температуры воздуха, а также значения ее отклонения от климатической нормы за период 1991-2020 гг.....
	Приложение В – хронологические графики среднегодовых температур воздуха и средних температур воздуха за теплый и холодный периоды года.....
	Приложение Г – интегральные кривые средних годовых температур воздуха.....
	Приложение Д – средние многолетние суммы атмосферных осадков по месяцам.....
	Приложение Е – хронологические графики сумм осадков за год, теплый и холодный период.....
	Приложение Ж – интегральные кривые годовых сумм осадков.....

Введение

Климат всегда оказывал и продолжает оказывать большое влияние на деятельность человека. С каждым годом все больше растет зависимость различных секторов экономики и различных аспектов жизни человека от климата и это говорит о том, что необходимо тщательно изучать закономерности атмосферных процессов.

Главная задача климатологической обработки данных метеорологических наблюдений - получение климатических показателей, которые правильно характеризуют особенности климата изучаемого района.

Интерес к теме моей бакалаврской работы появился в результате того, что резкие колебания климата – аномально холодные или аномально теплые зимы, аномально жаркие или холодные лета могут наносить и наносят весомый ущерб экономике города.

В настоящее время очень многие специалисты занимаются изучением проблемы изменения климата, которая характеризуется как «глобальное потепление». За последнее столетие температура на Земле повысилась в среднем на 1 °С. При этом на территории Российской Федерации потепление происходит гораздо быстрее. У нас за последние сто лет повышение средней температуры воздуха оказалось более существенным и составило порядка 2°С.

Многие исследователи считают, что основная причина глобального потепления климата - естественные (природные) факторы. Некоторые связывают такой резкий рост приземной температуры воздуха в последние десятилетия как в отдельных регионах, так и в целом для Земли с антропогенными причинами и прежде всего с увеличивающимся поступлением в атмосферу парниковых газов, сульфатов, окислов углерода и азота, метана.

Среди основных климатообразующих факторов необходимо также отметить изменение прозрачности атмосферы вследствие вулканических извержений, и изменения солнечной постоянной.

К естественным (природным) факторам, вызывающим климатические вариации следует отнести явление Эль-Ниньо, т.е. периодическое повышение

температуры поверхностных вод в районе экватора. Это явление может вызывать существенную короткопериодную климатическую изменчивость средней глобальной температуры. Резкое увеличение температуры поверхности океана в экваториальных широтах провоцирует смещение траекторий циклонов и позиций субтропических антициклонов к полюсу. Это эпоха теплых зим и засух в умеренных широтах. Наблюдаемое потепление очень неоднородно распределено в пространстве. На уровне регионов климатические изменения могут отличаться от глобальных. Это обусловлено влиянием физико-географических факторов. Региональные особенности изменения климата могут быть в первую очередь связаны с долгопериодными (от десятилетия до нескольких десятков лет) колебаниями в системе океан-атмосфера, а также с влиянием относительно короткоживущих аэрозолей, уменьшающих эффект парниковых газов. Можно отметить гипотезу, согласно которой основным результатом антропогенного воздействия является не чисто термический эффект, а, скорее всего, изменение повторяемости некоторых основных крупномасштабных структур климатической изменчивости, что также приводит к неоднородному потеплению. В Петрозаводске, также как и по всему Северо-Западу России, с конца 1970-х годов достаточно часто отмечались высокие годовые суммы осадков и увеличение уровня воды в Онежском озере. Заметные климатические изменения в эти годы проявились также в уменьшении продолжительности периода с устойчивым снежным покровом и увеличением безледоставного периода на Онежском озере. Число дней, когда озеро свободно ото льда составляет в среднем 205 дней.

В связи с этим, актуальными являются исследования изменчивости и изменений регионального климата, которые могут быть учтены при определении стратегии развития региона.

Целью данной бакалаврской работы является исследование изменчивости метеорологического режима Республики Карелия, в частности, в районе города Петрозаводска, столицы, крупного промышленного и культурного центра Республики Карелия, который расположен на широте $61^{\circ}49'$ и долготе $34^{\circ}16'$.

Особое внимание хочется уделить температуре воздуха и количеству осадков, так как по моему мнению, они являются наиболее важными метеорологическими элементами, характеризующими состояние природной среды.

Информация для дипломного проекта была предоставлена Карельским ЦГМС – филиалом ФГБУ «Северо-Западное УГМС» по материалам наблюдений ОГМС Петрозаводск, ОГМС Калевала, МС Сортавала, МС Зашеек за период 1966-2020 гг.

ГЛАВА 1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ

1.1. Краткие физико – географические условия района

Республика Карелия расположена в северо-западной части Российской Федерации. Площадь ее составляет 180,5 тыс. кв. км. Примерно 25% территории республики занимают водоемы. Значительное влияние на климат республики оказывает Онежское озеро. Огромное количество озер и рек, значительная заболоченность территорий, близость Атлантики, расчлененный рельеф, - все это можно отнести к физико-географическим особенностям Карелии.



Рисунок 1.1 – Республика Карелия.

Город Петрозаводск основан в 1703 г.. Тогда по указу Петра I в устье р. Лососинки началось строительство железодельного и пушечного завода, который впоследствии получил название Петровского. Вокруг завода образовалось поселение – Петровская слобода, положившая начало будущему г. Петрозаводск.

Город и его окрестности расположены на западном побережье Петрозаводской губы Онежского озера, на юге Республики Карелия. Это самый крупный город Карелии. Располагается он на территории Восточно-Европейской равнины к северу от Олонецкой возвышенности. Рельеф, сформировавшийся в результате воздействия ледников и ледниковых вод, среднехолмистый. Самое высокое место в городе – гора Кукковка, находящаяся на высоте 193 м над уровнем моря. Холмы покрыты смешанными лесами, низины между ними местами заболочены, имеется много оврагов.

Город вытянут вдоль Петрозаводской губы с северо-запада на юго-восток почти на 22 км, ширина его около 10 км. Онежское озеро и долины рек Лососинки и Неглинки придают центральной части города живописный вид.

В пределах городской черты на береговом склоне Онежского озера выделяется 5 прибрежных террас с абсолютными отметками от 33 до 80 м. Поверхность террас ровная, наклоненная в сторону озера. Ширина береговых склонов изменяется от 1.5 до 2.5 км.

Северный берег Петрозаводской губы представлен грядой, сложенной докембрийскими породами. Подобный массив имеется в центре города и в районе Каменного Бора. Побережье губы в основном песчано-гравийное.

Петрозаводск расположен в часовом поясе, который по международному стандарту обозначается как Moscow Time Zone (MSK/MSD).

Смещение относительно международного всемирного времени составляет +3 часа.

1.2. Почвенно-растительный покров

Почвенный покров в Карелии очень неоднороден. Его представляют в основном подзолистые и торфяные почвы. На равнинах и местах небольшого понижения благодаря влажному климату и близкому залеганию кристаллических пород созданы прекрасные условия для переувлажнения и заболачивания.

Растительный покров региона представлен в основном лесами. Они занимают около 70% территории. На юге республики преобладают еловые леса, которые отличаются бедностью видового состава.

Преобладают в Карелии сосновые леса. Это можно объяснить тем, что здесь широко распространены песчаные отложения и обнаженные коренные породы. Такие леса занимают 2/3 лесоплощади Карелии.

Город Петрозаводск окружен лесами почти со всех сторон. Довольно большую площадь в городе занимают парки, скверы, уличные насаждения. Зеленая зона Петрозаводска располагается в пределах городской черты.

Территория Петрозаводска относится к зоне тайги, т.е. коренными породами деревьев являются сосна и ель. На местах вырубок и пожарищ произрастают смешанные леса: березовые, осиновые, ольховые. В городе много искусственных насаждений. Преобладающими породами деревьев в них являются тополя, березы, липы. Большие лесные массивы, и множество озер практически вплотную подступают к городу.

Почвы в районе Петрозаводска в основном суглинистые и супесчаные с примесью гальки, мелких камней, много валунов.

1.3. Характеристика гидрографической сети

Гидрографическая сеть очень хорошо развита на всей территории республики. Принадлежит она бассейнам Балтийского и Белого морей. Влажный климат региона обуславливает огромное количество озер, реки болот. В

основном это небольшие реки или короткие протоки. Которые соединяют между собой большое количество озер и образуют целую систему.

В Карелии насчитывают около 23,6 тыс. рек. Общая протяженность их составляет 83,0 тыс. км. В основном это реки протяженностью менее 10 км. И только у 12 рек протяженность превышает 150 км.

Город Петрозаводск расположен на берегу Петрозаводской губы Онежского озера. Это второе по величине озеро Европы. Если рассмотреть систему рек и каналов, то можно сказать, что Петрозаводск имеет выход Балтийское, Белое, Баренцево моря. В городе есть такие озера, как Денное, Карьер, Ламба, Логмозеро. Онежское озеро и Логмозеро соединены Соломенским проливом. На территории города можно насчитать около сотни родников. Некоторые из них очень активно посещают горожане. Через город протекают речки: Лососинка, Неглинка, ручей Каменный, Студенец и другие.

1.4. Экологическая обстановка

Состояние окружающей природной среды в Республике Карелия и Петрозаводске оценивается как удовлетворительное, не считая высокого загрязнения вод в черте города. Главный источник водоснабжения – Онежское озеро. Основные источники его загрязнения – это: канализационные стоки, которые недостаточно хорошо очищены, стоки предприятий, атмосферные осадки, воды реки Шуя.

Уровень загрязнения воздуха в городе можно считать удовлетворительным. Выбросы загрязняющих веществ от предприятий в атмосферу по сравнению с 1990-ми годами уменьшились в 8 раз. Однако, значительно возросло загрязнение атмосферного воздуха выбросами индивидуального и маршрутного транспорта.

В Петрозаводске большую проблему создает негативное влияние твердых бытовых отходов. В последние годы этому было уделено большое внимание. В городе была введена система раздельного сбора хозяйственно-бытовых отходов,

их переработка и утилизация. Городская свалка в Орзеге, ввиду ее многолетней эксплуатации, не соответствует санитарным требованиям.

Загрязнение почв сверх предельно допустимого уровня в городе не отмечалось. Загрязнение земель нефтепродуктами возможно на территориях промышленных предприятий и вдоль железных дорог.

1.5. Краткая характеристика материала метеорологических наблюдений

Близость Атлантического океана и Арктического бассейна и попеременное влияние воздушных масс из этих регионов создают своеобразный климат над территорией Республики Карелия. Характерной особенностью климата Карелии в целом и г. Петрозаводск в частности является большая изменчивость метеорологических величин из года в год и в течении суток.

Зима в Петрозаводске продолжительная, относительно мягкая – до 5 месяцев. В холодное время года, в связи с короткой продолжительностью дня и низким солнцестоянием Петрозаводск получает мало солнечного тепла. В течение всего года наблюдается значительная облачность, что значительно снижает фактический приток тепла и в остальные месяцы.

Лето прохладное и короткое, но иногда воздух прогревается до +30° С при ясной солнечной погоде.

Петрозаводск расположен на берегу крупнейшего в Европе Онежского озера. В связи с этим число дней, когда относительная влажность в течение суток выше 80% колеблется в пределах 120 - 200 дней за год. Сухие дни (влажность в один из сроков 30 % и ниже) очень редки и в сумме составляют в среднем всего от 1 до 15 дней за год. Хотя, в последние годы отмечается заметный рост числа таких дней до 20 - 27. Очень частое для города Петрозаводск такое явление, как осадки. В теплый сезон (с мая по октябрь) месячное количество осадков может достигать 205 мм, что в отдельные месяцы превышает норму в 2,5 раза. В последние годы снежный покров лежит в среднем 120 - 170 дней. Число

пасмурных дней (по общей облачности) за год достигает 150 - 180, а ясных не превышает 25 – 30 [2].

Во все месяцы года наблюдаются туманы, в среднем 20 - 30 дней в году. Средняя их продолжительность 4 - 5 часов, а в отдельных случаях 2 – 2,5 суток.

Ввиду высокой влажности и сравнительно низких летних температур отсутствует устойчивый период комфортных климатических условий.

Современный город, с достаточно плотной многоэтажной застройкой, занимающий обширные площади, оказывает большое воздействие на приземный слой атмосферы, особенно на его радиационный баланс.

На территорию, занятую городом, падает меньше солнечного света, чем на окружающую ее местность. В промышленных городах потери в продолжительности солнечного сияния могут достигать 10 и даже 20 %, и приблизительно такое же количество солнечной энергии теряется при прохождении через запыленный городской воздух. При прохождении загрязненной городской атмосферы наибольшие потери солнечной энергии отмечаются при максимальной относительной толщине загрязненного слоя воздуха, через который проходят солнечные лучи, т.е. при малых высотах солнца над горизонтом, и минимальные потери будут если солнце стоит высоко. Большие в среднем скорости ветра весной и более сильная конвекция летом вносят свой вклад в рассеяние загрязняющих веществ, что приводит к относительно меньшим радиационным потерям в эти сезоны.

Изменения, вносимые урбанизацией в локальную структуру атмосферного пограничного слоя, оказывают значительное влияние на поле скорости ветра у поверхности земли. Это влияние обусловлено наличием городских островов тепла и изменением шероховатости поверхности.

Наиболее ярко влияние урбанизации на климат прослеживается в тенденции к увеличению температуры воздуха. Даже изолированный комплекс зданий создает микроклимат, отличный от того, который был бы на этой местности в ее естественном состоянии. Заасфальтированные поверхности и стены зданий в светлое время суток запасают некоторое количество тепла, а

ночью отдают его окружающему воздуху, что сказывается на увеличении температуры в городе особенно в вечерние часы, непосредственно перед закатом и после него. Указанные контрасты наиболее ярко проявляются в ясную спокойную погоду и исчезают в условиях облачности и сильного ветра.

Поле влажности в городе изменяется под действием нескольких факторов. Одним из них является радикальное изменение свойство подстилающей поверхности. Подстилающая поверхность пограничного слоя над городом главным образом водонепроницаемая – крыши и мостовые, способствующие скорейшему удалению осадков и сбросу их в канализацию. С другой стороны, в городах сжигается много углеводов, а вода является одним из конечных продуктов этого процесса. Кроме того, в промышленных процессах высвобождается водяной пар и испаряется большое количество воды.

При характеристике осадков больших городов необходимо учитывать два обстоятельства:

- а) с одной стороны, осадки очень изменчивы в пространстве. Они реагируют на рельеф и шероховатость местности, поэтому часто в пределах территории, которая занята городом, естественные факторы могут вызывать существенные различия в количестве осадков;
- б) с другой стороны, сам город в связи с избыточным нагревом, изменением в нем испарения, повышенной шероховатостью и загрязнением атмосферы гигроскопическими веществами может влиять на количество осадков.

Естественным фактором, вызывающим изменение количества осадков, является рельеф, поскольку даже возвышенности высотой 100-200 м существенно влияют на осадки. Определенным образом сказывается близость границы вода-суша, в том числе за счет бризовой циркуляции и изменения скоростей ветра, переходящего с одной поверхности на другую (изменение шероховатости поверхности земли). В то же время из-за больших потоков влаги, переносимых атмосферной циркуляцией, изменение испарения в городе почти не сказывается на влажности воздуха в сколько-нибудь значительном слое и поэтому практически не сказывается и на осадках.

Влияние собственно города тоже довольно разнообразно. Городская застройка вызывает торможение воздушного потока, восходящие токи обтекания облегчает оседание капель и снежинок в подветренной части препятствия.

Избыточный нагрев нижних слоев атмосферы над городом за счет уменьшения обмена тепла и его добавочных выделений также способствует восходящим токам, что может увеличить осадки. Однако пока эти вертикальные токи скажутся на осадках, воздушный поток успеет снести облака в подветренную часть города или даже за его пределы. Та часть прогрева, которая вызвана уменьшением испарения в городе по сравнению с пригородом, на осадках сказаться не должна, так как одновременно с нагреванием повышается и уровень конденсации и не изменяется эквивалентная температура. Наконец, гигроскопичность многих промышленных выбросов и дымов будет способствовать конденсации и образованию облаков, что может сказаться и на осадках.

Своеобразие формирования облачности над городом определяется двумя факторами: во-первых, более развитой конвекцией, во-вторых, огромным количеством выбрасываемых в атмосферу гигроскопических ядер конденсации. Первый из этих факторов играет главную роль в облакообразовании летом, а второй способствует более быстрой конденсации влаги в слоях, характеризующихся инверсией, зимой, поскольку зимой в городском воздухе влаги больше, чем в сельской местности. В городе кучевые облака летом образуются раньше, чем в сельской местности.

2. ОЦЕНКА ОДНОРОДНОСТИ И СТАЦИОНАРНОСТИ РЯДОВ ОСНОВНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

2.1. Исходные данные

Если следовать рекомендациям Всемирной метеорологической организации, то для того, чтобы можно было оценить состояние климата, необходимо рассматривать наиболее оптимальный для этого период, который составляет 30 лет. На данный момент современным состоянием климата считается его среднее состояние за 1961-1990 гг. [5]. Чтобы проследить как последние десятилетия менялись такие климатологические параметры как среднемесячная температура воздуха и количество осадков в данной работе были использованы однородные ряды наблюдений за периоды 1966-2020 и 1991-2020 гг.

Продолжительность исследуемых рядов наблюдений составляет 55 лет и 30 лет.

Схема расположения метеорологических станций Республики Карелия представлена на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Схема расположения метеорологических станций Республика Карелия.

2.2. Проверка рядов на однородность

В своей работе для оценки изменчивости метеорологического режима Карелии, в частности города Петрозаводск, мною были исследованы однородные ряды метеорологических величин. Для оценки однородности метеорологических рядов я использовала четыре статистических метода: два параметрических теста, суть которых заключается в проверке равенства средних значений и распределении частей ряда по критериям Стьюдента и Колмогорова, третий

непараметрический тест Петита и четвертый тест, основанный на отношении Фон – Ноймана.

Ряд считался однородным, если не выполнялся только один из тестов. Когда два теста отрицали однородность на 1% уровне вероятности, ряд считался сомнительным и дальнейший анализ таких рядов и выводы выполнялись с осторожностью. Ну а если наличие неоднородности подтвердилось третьим или четвертым тестом, тогда ряд считался неоднородным.

Как показала практика проверки однородности метеорологических рядов специалистами Главной геофизической обсерватории имени А.И. Воейкова, на рядах температуры воздуха хорошо «работают» два первых параметрических теста, а на рядах атмосферных осадков – непараметрические тесты.

Результаты проверки метеорологических рядов на однородность приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты проверки на однородность рядов температуры воздуха и осадков, полученных по данным некоторых метеостанций Карелии

Метеостанции	Тест Александерсона	Тест Буишанда	Тест Петита	Отношение Фон-Ноймана
ОГМС Петрозаводск	+	+	-	+
ОГМС Калевала	+	+	+	+
МС Сортавала	+	+	+	+
МС Зашеек	+	+	-	+

2.3. Оценка временных трендов

Оценка линейных трендов проводилась для рядов температуры воздуха и атмосферных осадков.

Для оценки линейных трендов я использовала критерий значимости выборочного коэффициента корреляции (R) для зависимости $Q_{\max} = f(t)$. Гипотезу об отсутствии тренда я не опровергала в том случае, когда выполнялось следующее условие:

$$|R| < t_{2\alpha} \sigma_R$$

где:

σ_R - стандартная ошибка коэффициента корреляции, которая определяется по формуле:

$$\sigma_r = \frac{\sqrt{1 - r^2}}{\sqrt{n - 2}}$$

$t_{2\alpha}$ - теоретическое значение статистики Стьюдента при уровне значимости $2\alpha = 5\%$.

3. ОЦЕНКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА КАРЕЛИИ И Г. ПЕТРОЗАВОДСК

3.1. Радиационный режим

Солнечная радиация является основным источником энергии атмосферных процессов. Тепло, получаемое от солнца, измеряется интенсивностью, т.е. количеством лучистой энергии (в джоулях), которое поступает от солнца за единицу времени на единицу площади поверхности, перпендикулярной солнечным лучам.

Интенсивность солнечного излучения зависит от продолжительности дня, высоты и азимута солнца. Продолжительность дня в течение года резко меняется. Самый длинный день в Петрозаводске – день летнего солнцестояния (22 июня) равен 19 ч.38 мин, а самый короткий – день зимнего солнцестояния (22 декабря) – 5 ч.14 мин.

Место восхода и захода солнца в летние и зимние месяцы разное. Летом солнце восходит на северо-востоке, а заходит на северо-западе, зимой же восход солнца наблюдается на юго-востоке, заход – на юго-западе.

В 1951 г. на ст. Петрозаводск, Сулаж-Гора были начаты наблюдения за продолжительностью солнечного сияния, т.е. за продолжительностью времени, когда солнце находится над горизонтом и не скрыто за облаками, туманом, мглой и т.п. Продолжительность дневного времени определяет теоретически возможную продолжительность солнечного сияния.

Действительная продолжительность солнечного сияния за год равна 1650 ч. Ее максимальное значение приходится на июнь и составляет 356 ч, минимальное – на январь (8 ч).

Число дней в году без солнца равно 120 (4 мес.), причем максимальное количество дней без солнца приходится на январь и декабрь (по 27 дней), а минимальное – на июнь (0 день).

3.2. Особенности атмосферной циркуляции

Под воздействием атмосферной циркуляции происходит перераспределение тепла, влаги и других метеорологических величин между географическими широтами, океанами и континентами. При этом обмен большими воздушными массами осуществляется как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении.

Циркуляционные условия формирования климата Петрозаводска довольно сложны. По классификации Б.П. Алисова Петрозаводск относится к атлантико-арктической зоне умеренного пояса. Для этой зоны характерно преобладание воздушных масс арктического и атлантического происхождения, которые переносятся в район Петрозаводска из мест формирования благодаря циклонической деятельности.

В Карелии интенсивная циклоническая деятельность преобладает во все времена года. Число подвижных циклонов ежемесячно как зимой, так и летом может достигать 20-25. В районе Петрозаводска в среднем за год наблюдается 220 дней с циклоном. Циклоны преобладают во все месяцы года. В ноябре-декабре число дней с циклонами достигает 22 - 25, в то время как число дней с антициклонами составляет всего 3-5. В июне – августе число дней с циклонами на 2 – 3 больше, чем с антициклонами.

Циклоны приходят преимущественно с запада, юго-запада и северо-запада. Зимой, весной и осенью их суммарная повторяемость составляет 85 – 90 %, а летом – 66 %, причем 12 % из них приходится на циклоны, образовавшиеся вблизи Петрозаводска.

Движение антициклонов более разнообразно. Весной, летом и осенью наибольшую повторяемость (30 – 35 %) имеют антициклоны, приходящие с запада. В осенне-зимний период увеличивается число антициклонов, приходящих с северо-запада и востока (30 – 31 %).

Антициклоны в противоположность циклонам могут двигаться с востока на запад. Повторяемость восточных антициклонов летом – 2,2 %, весной и осенью она возрастает до 4,7 %, а зимой – до 16,8 %. Зимой и летом антициклоны могут приходить с северо-востока. Повторяемость таких процессов от 5 до 6 %.

Вблизи Петрозаводска антициклоны образуются чаще зимой (18,7 %) и летом (15,5 %), а весной и осенью их повторяемость приблизительно одинакова и составляет от 8,6 до 9,3 %.

Воздушные массы с различными свойствами разделяются фронтами. Существует три типа фронтов – теплый, холодный и фронт окклюзии. В Петрозаводске ежегодно отмечается около 180 случаев прохождения атмосферных фронтов.

Максимальное число дней с фронтами наблюдается в осенне-зимний период, минимальное летом.

3.2.1. Атмосферное давление

Атмосферное давление является основным фактором, определяющим направление и скорость движения воздушных масс (ветер).

Средние месячные значения давления зависят от повторяемости и интенсивности циклонов и антициклонов и могут значительно отличаться от средних многолетних.

Наибольшие колебания средних месячных значений наблюдаются зимой (ноябрь - март), наименьшие – летом (июнь - август). Суточный ход давления выражен слабо: максимум в большинстве случаев приходится на дневные часы, минимум – на утренние (сентябрь - март) или вечерние (апрель - август).

Среднее месячное и годовое атмосферное давление в г. Петрозаводск по справочным данным представлено в таблице 3.1

Таблица 3.1 - Среднее месячное и годовое атмосферное давление в г. Петрозаводск за период 1966-2020 гг..

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
998,0	1000,0	999,6	1000,5	1001,8	998,8	998,3	999,1	999,0	999,3	998,7	996,6	999,2

3.2.2. Ветер

Ветер - движение воздуха относительно земной поверхности, возникает оно вследствие неодинаковости атмосферного давления в разных точках атмосферы (чем больше разность давления на единицу расстояния – барический градиент, - тем больше скорость ветра). Характеризуется ветер направлением и скоростью.

Повторяемость направлений ветра и штилей по месяцам по справочным данным представлена в таблице 3.2

Таблица 3.2 - Повторяемость направлений ветра и штилей по месяцам и за год за период 1966-2020 гг.

Месяц	Направление								Штиль
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	
Январь	4,3	2,9	13,5	9,3	12,9	20,1	30,7	6,4	7,1
Февраль	4,3	3,3	16,0	7,3	13,7	20,6	28,4	6,3	6,1
Март	6,1	4,2	16,6	6,8	14,0	22,4	23,4	6,5	4,1
Апрель	9,7	7,5	21,5	5,8	11,1	17,6	18,8	7,9	4,0
Май	11,4	8,8	23,8	5,2	8,2	16,7	18,3	7,5	3,8
Июнь	11,0	9,2	22,4	5,5	8,7	18,3	18,0	6,9	5,5
Июль	9,9	8,0	19,9	6,1	11,1	18,6	19,0	7,5	5,8
Август	10,4	6,5	16,3	6,0	10,9	21,2	21,5	7,2	5,5
Сентябрь	7,8	5,2	12,3	5,6	14,5	23,5	24,2	6,9	4,3
Октябрь	7,2	3,7	7,0	6,6	15,9	24,0	28,6	7,0	3,2
Ноябрь	6,0	3,5	8,1	9,6	17,0	22,1	27,2	6,5	4,2
Декабрь	6,1	2,5	8,6	7,8	15,0	23,8	30,0	6,2	5,1
Год	7,8	5,4	15,5	6,8	12,8	20,7	24,0	6,9	4,9

Западные и юго-западные ветры в Петрозаводске являются господствующими в течение всего года, но в теплую половину года увеличивается повторяемость и других направлений. В теплое время циклоническая деятельность ослабевает и в связи с этим увеличивается

повторяемость ветров северного и северо-восточного направлений. Кроме того, под влиянием Онежского озера в период с апреля по август появляются бризовые ветры, которые увеличивают повторяемость ветра восточного направления.

В годовом ходе скорости ветра (рисунок 3.1) наибольшие значения наблюдаются в холодную половину года (максимум в марте и декабре), наименьшие – в теплую (минимум в июле и августе). Средняя годовая скорость ветра в Петрозаводске 2,8 м/с. Отклонение средних месячных скоростей от средней многолетней колеблется в пределах от 0,4 до 0,8 м/с.

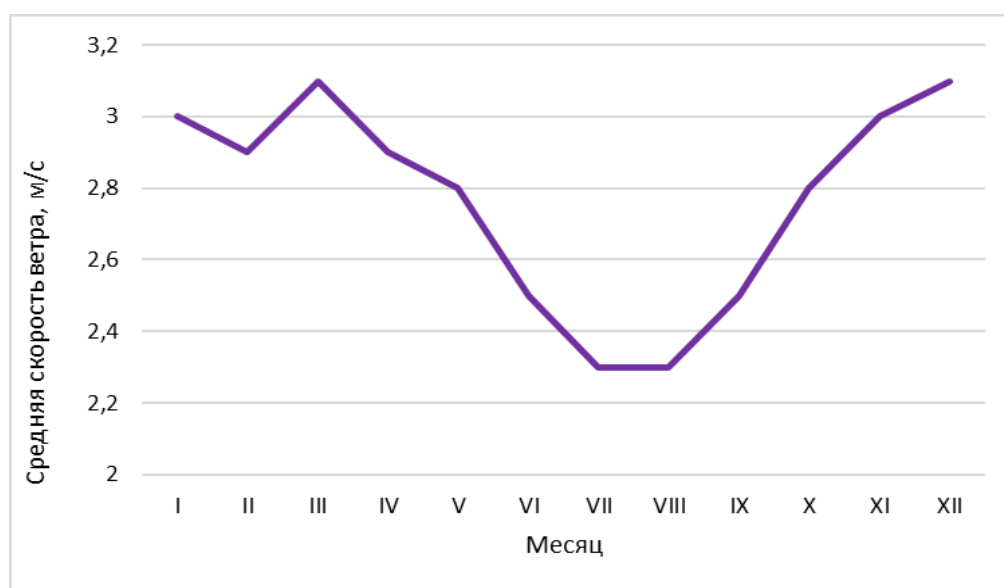


Рисунок 3.1 – Годовой ход средней скорости ветра в г. Петрозаводск

3.3. Термический режим

3.3.1. Изменчивость температуры воздуха

До недавнего времени характеристики температуры воздуха получали на основе показаний жидкостных (ртутных и спиртовых) термометров со шкалой Цельсия, помещенных в психрометрической будке на высоте 2 м, а с 2016 года основное средство измерения - совмещенный датчик температуры и влажности воздуха в составе АМК фирмы Vaisala HMP 45D с радиационной защитой Vaisala DTR 502 или DTR 13. [4]

Анализ среднемесячных многолетних температур воздуха, который был выполнен по 4 метеорологическим станциям (рисунок 3.2, Приложение А), показал, что практически на всей территории Республики Карелия с апреля по октябрь продолжается теплый период, а с ноября по март – холодный. Исключение составляет север Карелии. Там теплый период начинается только в мае и заканчивается в октябре, а холодный период длится с ноября по апрель.

Периодическая изменчивость температуры воздуха обусловлена в основном радиационными процессами и наблюдать ее можно в суточном и годовом ходе.

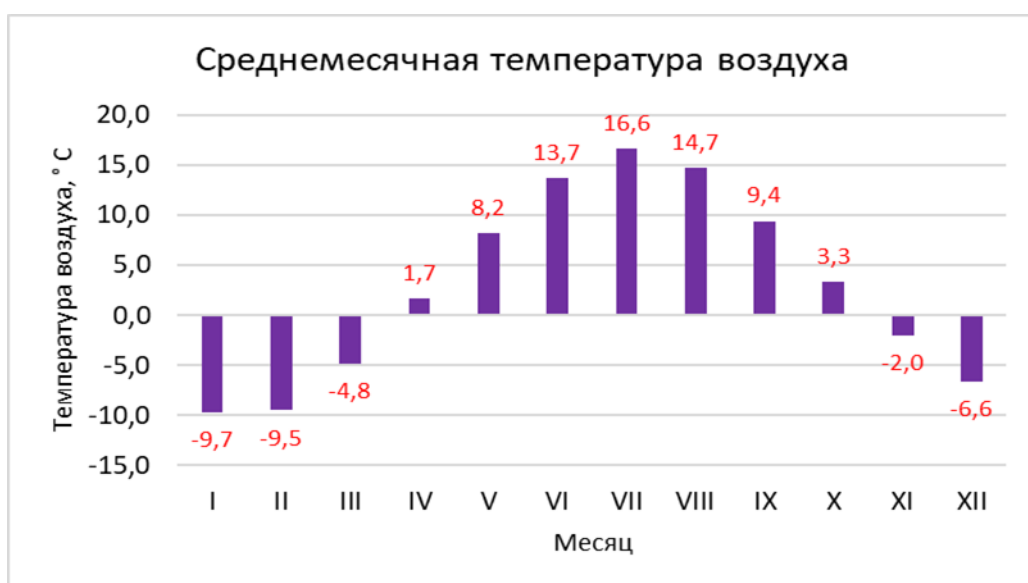


Рисунок 3.2 – Средняя многолетняя месячная температура воздуха, ОГМС Петрозаводск (1966-2020 гг.)

Средняя годовая температура воздуха по данным объединенной гидрометеорологической станции Петрозаводск равна 3,1 °С (1966-2020 гг.).

На годовой ход температуры воздуха (рисунок 3.3) в Петрозаводске, как и в Сортавале, оказывает влияние озеро. Он более сглаженный по сравнению с другими районами Карелии. Анализируя его, можно отметить, что наибольшее значение среднемесячной температуры воздуха приходится на июль (+16,6 °С), а наименьшее - на январь (-9,7 °С).

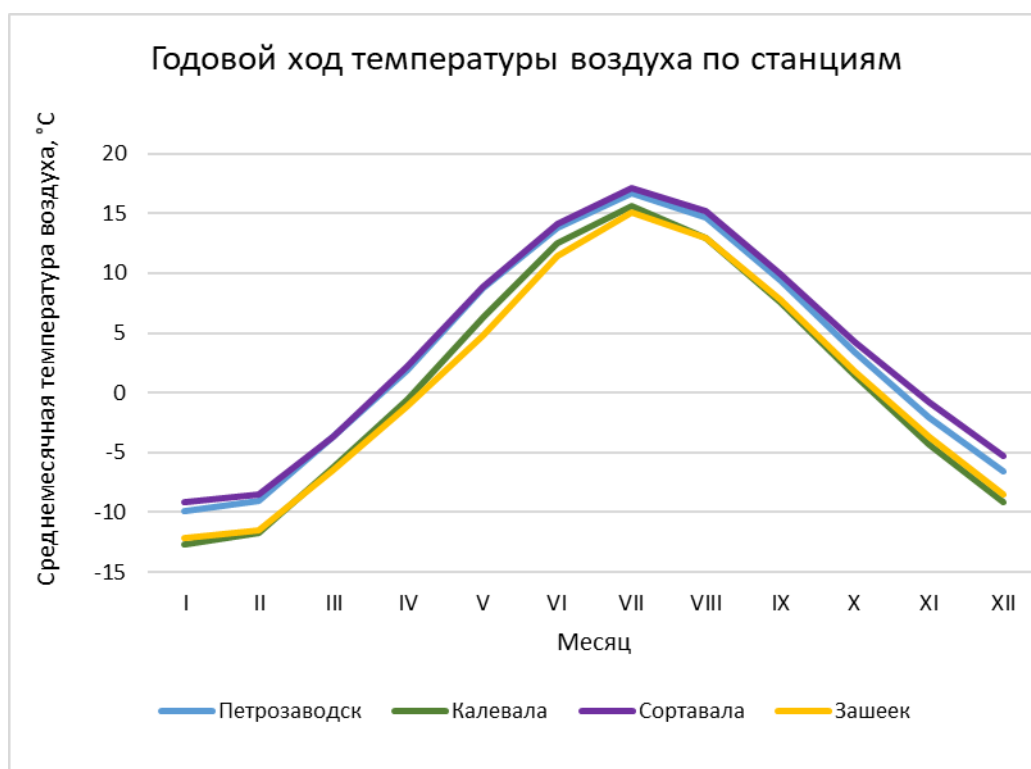


Рисунок 3.3 – Годовой ход температуры воздуха по станциям (1966-2020 гг.)

Таким образом, годовая амплитуда составляет 26,3 °С. И эта амплитуда характеризует изменение среднемесячной температуры воздуха в годовом ходе. Многолетнее значение среднегодовой температуры воздуха за 1966 – 2020 гг. по данным ОГМС Петрозаводск составило 3,0 °С. Это же значение за последние 30 лет равно 3,6 °С. Для сравнения, за период 1961-1990 гг., который, как уже было отмечено, характеризует современное состояние климата, годовая амплитуда равна 27,4 °С. А значение среднегодовой многолетней температуры воздуха за этот период ниже на 1,1 °С и составляет всего 2,5 °С.

Минимум температуры воздуха приходится на январь-февраль, а максимум – на июль. Средние месячные температуры от года к году могут существенно изменяться. Так, за период с 1966 по 2020гг. самым холодным был январь 1987г. Его средняя месячная температура составила минус 22,1 °С, что на 11,5 °С ниже нормы. Всего за этот период отмечено 5 лет со средней месячной температурой января более чем на 5 °С ниже нормы. Холодными были зимы 1966,1968,1969,1982,1985гг., когда среднесуточная температура воздуха в январе была ниже минус 15 °С.

Однако, не мало было отмечено и очень теплых январей. Это были 1971,1975,1983,1989,2001,2005,2008,2020гг. Средняя месячная температура в эти годы находилась в пределах от минус 4,6 °С до минус 2,0 °С, что на 5-8 °С выше нормы.

Чтобы дать оценку теплового состояния какого-либо календарного периода (день, месяц, сезон), необходимо рассчитать отклонения от климатической нормы. Месяц можно считать в пределах нормы, если среднее отклонение за месяц не будет превышать 1°С. Холодным можно считать месяц, если отклонение по модулю больше 1°С и меньше 4°С. Если отклонение по модулю больше 4°С, то месяц можно считать очень холодным. Эти же критерии можно применять и для положительных отклонений соответственно. []

Многолетние значения среднемесячной и среднегодовой температуры воздуха, а также значения ее отклонения от климатической нормы представлены в таблице 3.3 и Приложении Б.

Таблица 3.3 – Многолетние значения среднемесячной и среднегодовой температуры воздуха, а также значения ее отклонения от климатической нормы по данным ОГМС Петрозаводск за период 1991-2020 гг.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
t _{ср.} ,°С	-8,3	-8,2	-3,5	2,3	8,9	14,1	17,1	15,0	10,0	3,8	-1,8	-5,6	3,6
норма, °С	-11,4	-9,9	-4,4	1,4	8,3	13,5	16,0	14,0	8,8	3,3	-2,5	-7,6	2,5
Отклонение от нормы, °С	3,1	1,7	0,9	0,9	0,6	0,6	1,1	1,0	1,2	0,5	0,7	2,0	1,1

Из таблицы видно, что за последние 30 лет средняя температура превышает климатическую норму во все месяцы года, особенно в декабре-январе.

В зависимости от атмосферной циркуляции в отдельные годы значения среднегодовой температуры воздуха могут значительно отклоняться от среднего многолетнего значения. Так, например, своего наибольшего значения среднегодовая температура достигла в 2020 г. (5,5 °С), а наименьшего – в 1998 г. (2,1 °С) (Приложение В).

Самый теплый зимний сезон за всю историю наблюдений в Петрозаводске зафиксирован в 2019-2020 гг. со средней температурой воздуха минус 1,9°C, а самый холодный – в 1955-1956 гг. со средней температурой воздуха минус 16,2 °С.

Самое теплое лето отмечено в 1972 году. Средняя температура воздуха тогда составила плюс 17,7 °С. Недалеко ушел и хорошо запомнившийся нам 2010 год. Тогда средняя температура за лето составила плюс 17,5 °С. Самым холодным выдалось лето со средней температурой плюс 12,1 °С в 1976 году.

В таблице 3.4 представлены значения средней месячной температуры воздуха по г. Петрозаводск за период 1966-2020 гг.

Таблица 3.4 - Средняя месячная температура воздуха по г. Петрозаводск за период 1966-2020 гг.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
-9,9	-9,0	-3,7	1,9	8,7	13,8	16,7	14,6	9,4	3,4	-2,1	-6,6	3,1

В некоторые особо холодные годы температура воздуха в Петрозаводске опускается до минус 43 °С (1987 г. абсолютный минимум минус 43,0 °С), но случается это редко – один раз в 80 - 100 лет.

В таблицах 3.4 и 3.5 представлены абсолютные минимумы и максимумы температур воздуха за весь период наблюдений.

Таблица 3.4 – Абсолютный максимум температуры воздуха по г. Петрозаводск за весь период наблюдений

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
6,0	7,3	15,5	24,2	33,0	31,7	33,9	32,4	26,0	21,3	11,1	9,4	33,9
1898г.	1990г.	2007г.	2000г.	2014г.	1939г.	2010г.	2010г.	1932г.	2005г.	2005г.	2006г.	2010г.

Таблица 3.5 - Абсолютный минимум температуры воздуха по г. Петрозаводск за весь период наблюдений

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
-43,0	-39,3	-33,2	-20,7	-10,5	-2,6	-0,1	-1,7	-6,7	-14,9	-28,0	-36,8	-43,0
1987г.	1946г.	1902г.	1895г.	1893г.	1962г.	1958г.	1980г.	1928г.	1903г.	1890г.	1978г.	1987г.

Наименьшие и наибольшие значения температур (минимум и максимум) в суточном, месячном и годовом ходе называют экстремальными температурами воздуха.

Низкие температуры в Петрозаводске, как правило, наблюдаются при выносах холодных арктических масс воздуха при ослабленном турбулентном обмене в ясные тихие ночи. На значение абсолютного минимума температуры воздуха местные условия (рельеф, высота, подстилающая поверхность оказывают значительное влияние.

Абсолютный минимум имеет отрицательные значения в течение всего года, наиболее низкие – в январе, феврале (таблица 2.4).

Максимальная температура воздуха характеризует дневную и наиболее теплую часть суток. Обычно она наблюдается в 15 ч. Представление о возможных наиболее высоких температурах дает абсолютный максимум (таблица 2.5). Абсолютный максимум температуры воздуха в Петрозаводске по данным ОГМС Петрозаводск за весь период наблюдений был зафиксирован в «жаркое лето 2010», он равен 33,9 °С в июле месяце.

Максимальная и минимальная температуры воздуха обладают еще большей изменчивостью во времени по сравнению со средней месячной. Изменение абсолютных значений этих температур в основном зависит от циркуляционных процессов.

Зимой морозные дни со средней суточной температурой ниже минус 20 °С, минус 25 °С встречаются редко и их годовое значение за период 1966-2020 гг. составляет в среднем 5-10 дней.

Жаркие дни со средней суточной температурой выше плюс 20 °С, плюс 25 °С фиксируются чуть чаще. В среднем их количество за год в 1966-2020 гг. составило 45 дней.

Переход средней суточной через 0 °С наблюдается обычно в конце октября - начале ноября (осенью) и в марте - начале апреля (весной). Период с ноября по апрель характеризуется отрицательными значениями средней суточной температуры воздуха. Устойчивый переход средней суточной

температуры через определенный предел не исключает возможности ее понижения (повышения) в отдельные дни.

Даты наступления средних суточных температур воздуха выше и ниже определенных пределов и число дней с температурой, превышающей эти пределы представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Даты наступления средних суточных температур воздуха выше и ниже определенных пределов и число дней с температурой, превышающей эти пределы

Характеристики	Температура, °С					
	-10	-5	0	5	10	15
Начало периода	14.12	03.12	06.04	03.05	26.05	14.06
Окончание периода	10.02	09.03	08.11	09.10	15.09	11.08
Продолжительность (дни)	58	96	216	159	112	58

Отопительный период длится в Петрозаводске в среднем 230 дней. Переход средней суточной температуры воздуха через 8°С в сторону понижения принят за начало отопительного периода, а в сторону повышения – за его окончание.

Даты начала и конца отопительного сезона, и его продолжительность представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 - Даты начала и конца отопительного сезона и его продолжительность, рассчитанные за период 1966-2020 гг.

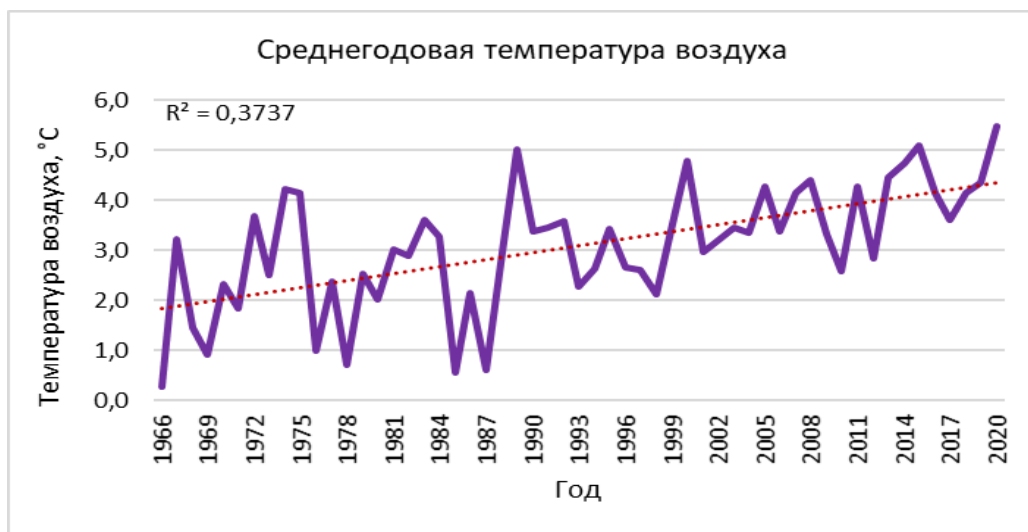
Средняя дата начала	20 сентября
Средняя дата конца	15 мая
Продолжительность (дни)	238

Суточный ход температуры воздуха наиболее четко выражен летом. Зимой, ввиду значительной облачности, суточный ход практически отсутствует. В суточном ходе наблюдается один минимум в утренние часы (около 3 – 4 ч. летом и около 5 – 8 ч. зимой) и один максимум в послеполуденные часы (около 14 - 15 часов). Наибольшего значения средняя суточная амплитуда достигает в

июне, июле, наименьшего в декабре. Ввиду неустойчивости погоды, в отдельные дни суточные амплитуды могут меняться значительно.

Кроме правильного суточного хода температуры, зависящего в основном от радиационного баланса, имеют место и неперiodические изменения температуры воздуха, вызываемые сменой воздушных масс при прохождении фронтов. Эти изменения могут происходить в любое время суток, нарушая суточный ход температуры. Наиболее выражены они в холодный период года, когда в температурном режиме преобладает адвекция тепла и холода, зависящая от циркуляционных факторов, не связанных в отличие от радиационных факторов с определенным временем суток.

Теперь построим хронологические графики среднегодовых температур воздуха, средних температур за теплые и холодные периоды (рисунок 3.4, Приложение В). По ним мы можем дать оценку изменения климата.



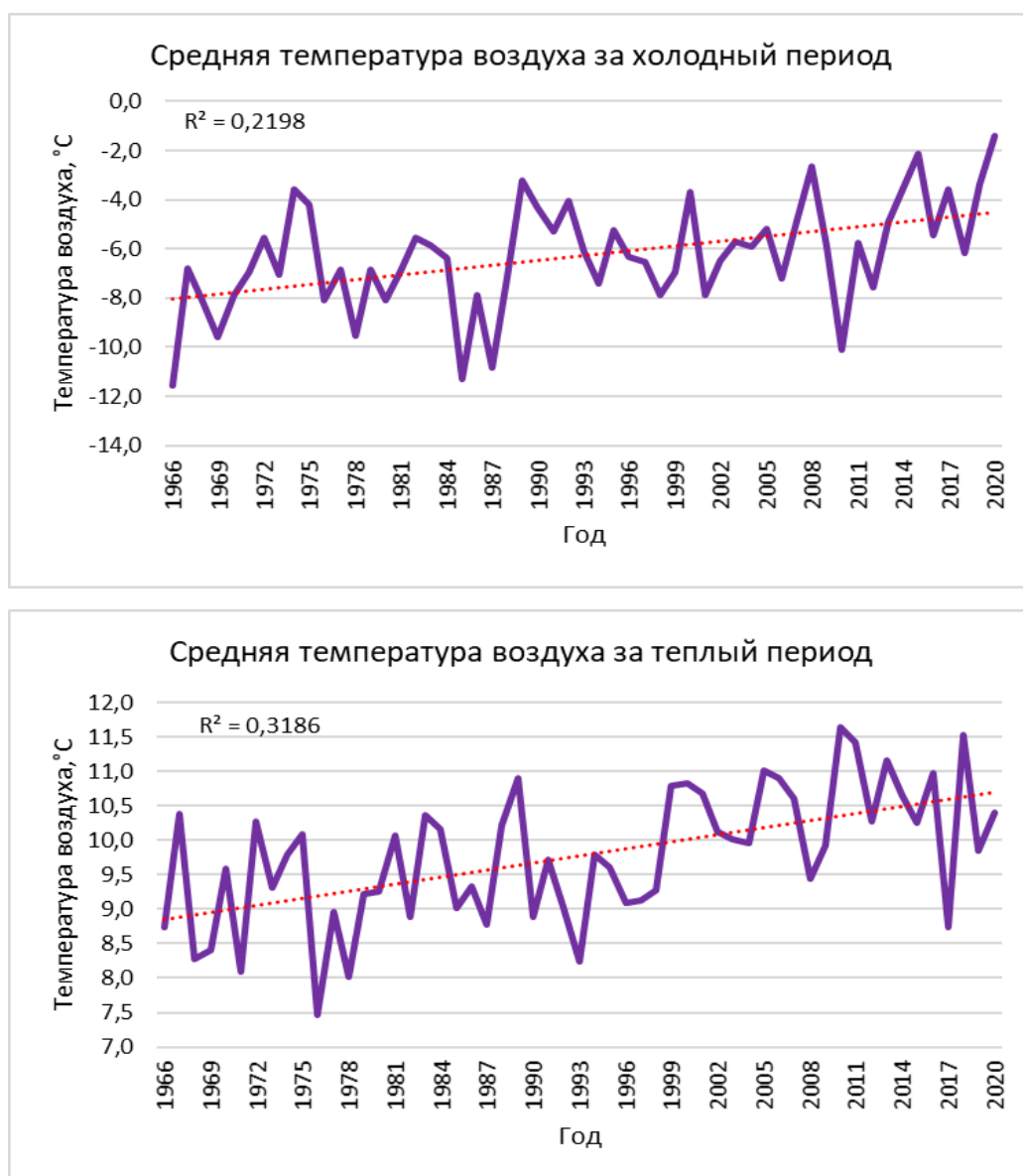


Рисунок 3.4 – Хронологические графики средней температуры воздуха за год, за холодный период и за теплый период; ОГМС Петрозаводск

На всех графиках хорошо прослеживается значимый тренд на повышение температуры воздуха. Оценка значимости трендов показана в таблице 3.8.

Таблица 3.8 - Оценка значимости трендов в рядах средних значений температуры воздуха за период 1966-2020 гг. (при $2\alpha = 5\%$)

Метеорологическая станция	Интервал	R	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	Значимость тренда
ОГМС Петрозаводск	год	0,61	0,128	0,26	+
	холодный период	0,47	0,134	0,27	+
	теплый период	0,57	0,130	0,26	+
ОГМС Калевала	год	0,61	0,128	0,26	+

	холодный период	0,50	0,133	0,27	+
	теплый период	0,60	0,128	0,26	+
МС Сортовала	год	0,61	0,128	0,26	+
	холодный период	0,52	0,132	0,26	+
	теплый период	0,55	0,131	0,26	+
МС Зашеек	год	0,61	0,128	0,26	+
	холодный период	0,52	0,132	0,26	+
	теплый период	0,48	0,134	0,27	+

Для того, чтобы определить примерную дату, когда же все-таки начал меняться климат, мною построены интегральные кривые среднегодовых температур воздуха. В некоторые годы средние температуры воздуха имели отрицательные значения. Следовательно, я строила зависимости вида:

$$\Sigma(t_x - t_{\min}) = f(T), \quad (1)$$

где:

t_x – среднегодовая температура воздуха в x -ом году;

t_{\min} – абсолютный наблюдаемый минимум среднегодовой температуры воздуха;

T – годы.

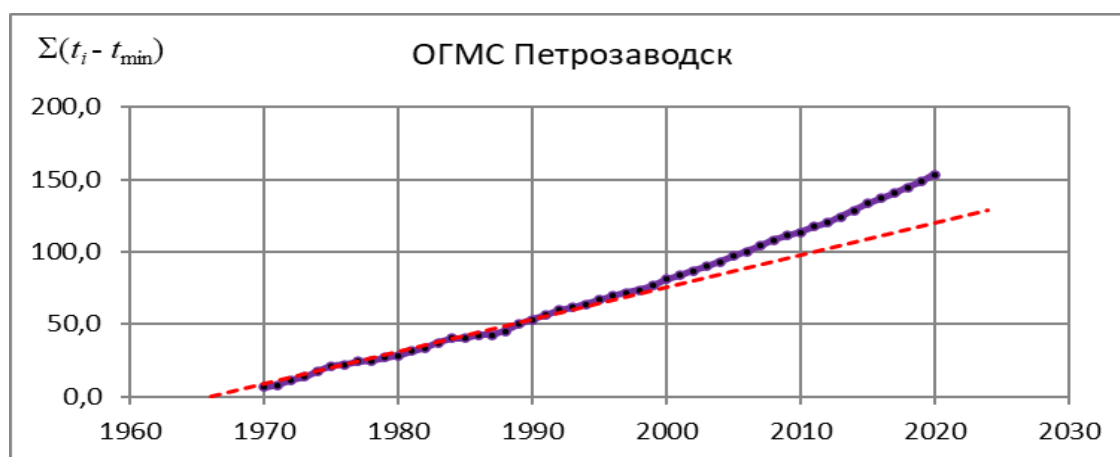


Рисунок 3.5 – Интегральная кривая среднегодовых температур воздуха;
ОГМС Петрозаводск.

Начиная с начала 1990-х гг. и по настоящее время в целом можно отметить положительную тенденцию изменения среднегодовой температуры воздуха по

всей территории республики. Начиная примерно с 1995 года, значения среднегодовой температуры воздуха почти во все годы превышали климатическую норму. Такая тенденция характерна для всей Карелии.

3.3.2. Температура почвы

Термический режим почвы зависит от прихода солнечной радиации, циркуляции атмосферы, влажности, а еще и от механического состава и типа почвы, характера растительности, форм рельефа и экспозиции склонов. Температура почвы настолько сильно подвергается воздействию местных факторов, что может значительно отличаться даже на сравнительно близком расстоянии.

Температура почвы на глубинах измеряется ртутными термометрами: на небольших глубинах от 5 до 20 см под оголенной поверхностью, которая перекапывается весной, коленчатыми (системы Савинова) и глубинными – (вытяжными) до глубины 3,2 м под естественным покровом.

Колебания температуры на поверхности почвы в течение года значительно больше, чем воздуха. Если годовая амплитуда температуры воздуха в среднем составляет 27 °С, то амплитуда температуры поверхности почвы достигает 29 °С. Особенно велика амплитуда температуры почвы с мая по август.

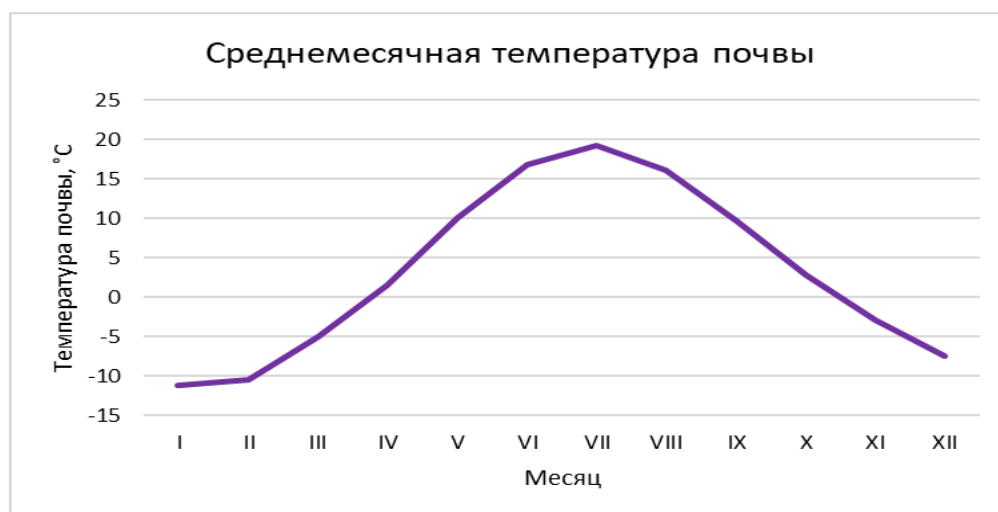


Рисунок 3.6– Годовой ход температуры поверхности почвы в г. Петрозаводск

В годовом ходе температуры поверхности почвы минимум приходится на январь, а максимум – на июль (рисунок 2.3). Средняя месячная температура поверхности почвы в январе равна -11°C , в июле 19°C . Абсолютный минимум равен -45°C (январь 1982 г.), абсолютный максимум 49°C (июль 1997 г., июль 2014 г.). Средние месячные температуры поверхности почвы, как и температуры воздуха, могут существенно изменяться от года к году. За период с 1966 года по 2020 год самая низкая среднемесячная температура наблюдалась в январе 1987 года и составила -25°C . Это на 12°C ниже нормы. Холодными также были и январь 1966, 1968, 1985 гг. (-20°C , -21°C). К теплым относится январь 1971, 1975, 1989, 2001, 2005, 2008, 2018 гг., когда норма была превышена на $7-10^{\circ}\text{C}$. В январе 2020 года среднемесячная температура поверхности почвы превысила норму на 11°C и составила -2°C . В летние месяцы изменчивость средних месячных температур поверхности почвы меньше. Аномально холодных летних месяцев отмечено не было. К аномально теплым можно отнести июнь 2001 г., когда средняя температура за месяц превысила норму на 12°C и июль 2010 г., с превышением средней температуры над нормой на 6°C .

Отрицательные значения среднемесячной температуры на поверхности почвы отмечаются с ноября по март, в отдельные холодные годы – с октября по апрель.

Температура почвы на различных глубинах испытывает значительно меньшие колебания от года к году, чем температура поверхности почвы и прилегающих слоев атмосферы. Отрицательные температуры на глубине $0,2$ м наблюдаются с декабря по апрель, на глубине $0,8$ м с февраля по апрель. На глубинах $1,6$ и $3,2$ м средние месячные температуры положительны в течение всего года.

В холодный период года большое значение имеет наличие снежного покрова и его высота. Почва, не покрытая снегом, охлаждается и промерзает значительно быстрее. Важной характеристикой термического режима почвы в холодный период является глубина проникновения температуры 0°C в почву.

Максимальная глубина проникновения температуры 0°C в почву в отдельные холодные годы может достигать 192 см (апрель).

Первые заморозки на поверхности почвы на севере республики появляются 5 сентября, в остальных районах – 20 сентября. В отдельные годы первые заморозки в Карелии могут наступать значительно раньше или позже указанных дат.

3.4. Режим атмосферного увлажнения

3.4.1. Влажность воздуха

Влажность воздуха характеризуется тремя основными показателями: абсолютной влажностью или упругостью водяного пара (e), относительной влажностью (r), дефицитом влажности, т.е. недостатком насыщения (d).

Относительная влажность (v %) равна отношению упругости водяного пара, содержащегося в воздухе, к упругости насыщающего пара при данной температуре. Она показывает, как далек водяной пар, находящийся в воздухе, от состояния насыщения. Дефицит влажности воздуха – это разность между насыщающей и фактической упругостью водяного пара при данной температуре.

Относительная влажность воздуха имеет отчетливо выраженный суточный и годовой ход (рисунок 3.7).

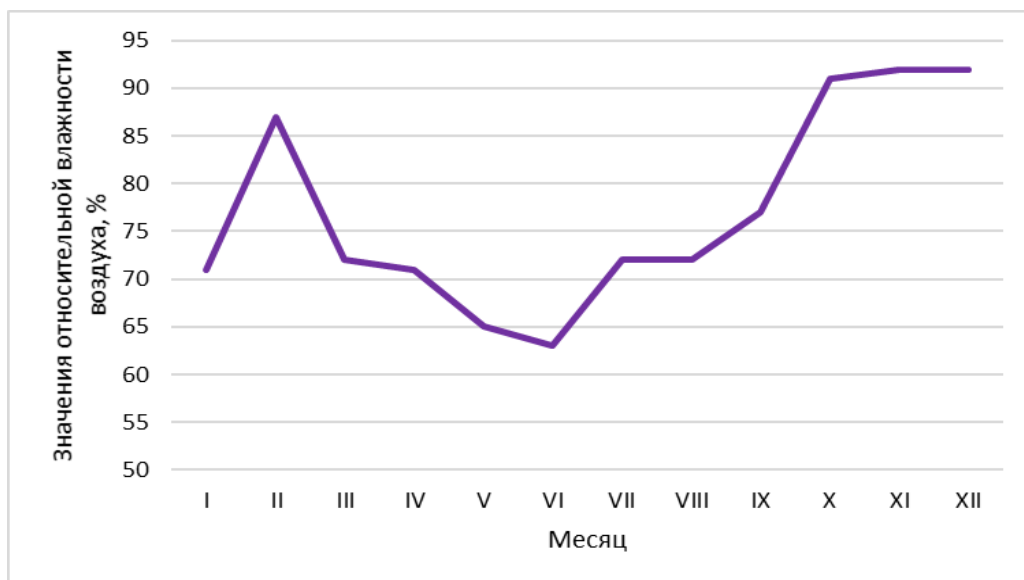


Рисунок 3.7 – Годовой ход относительной влажности воздуха в г. Петрозаводск

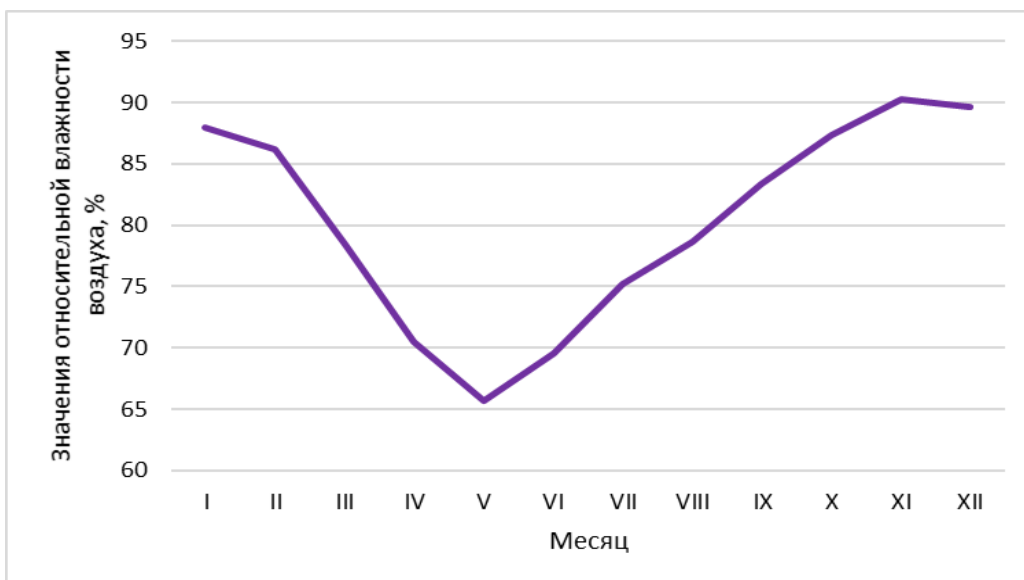


Рисунок 3.8 – Средние месячные значения относительной влажности воздуха в г. Петрозаводск (1966 – 2020 гг.)

Наиболее высокая относительная влажность наблюдается зимой, максимум в ноябре – декабре (90%), наиболее низкая – весной и летом, минимум в мае (66%). Вследствие преобладания морских воздушных масс относительная влажность в Петрозаводске велика в течение всего года.

Наибольший интерес представляют значения относительной влажности в 13 ч. По этим значениям можно в известной степени судить об испарении: чем

меньше относительная влажность, тем больше дефицит влажности и тем интенсивнее испарение.

Повторяемость дней с относительной влажностью 30% и менее в один из сроков служит косвенным показателем сухости погоды. Число таких дней в Петрозаводске за год в среднем равно 9. Чаще они наблюдаются весной (4 дня) с максимумом в мае. В отдельные месяцы холодного периода (с ноября по март) влажность ниже 30% не наблюдается.

Если влажность в 13 ч. достигает 80% и более, то день считается влажным. Влажные дни чаще всего наблюдаются с октября по февраль (максимум в декабре – 29 дней). В мае, июне среднее число влажных дней уменьшается до 5. В среднем за год отмечают 169 дней с относительной влажностью 80% и более в 13 ч.

3.4.2. Атмосферные осадки

Территория Петрозаводска относится к зоне избыточного увлажнения. В городе выпадает в среднем 610 мм осадков, причем минимум осадков приходится на февраль (29 мм), максимум – на август (82 мм). В годовом ходе большая часть осадков приходится на теплый период (примерно 64 % годовой суммы).

В Петрозаводске атмосферные осадки определяются главным образом активной циклонической деятельностью, которая наблюдается в течение всего года. Воздушные массы с Атлантики, приносимые циклонами, с большими запасами влаги обуславливают значительную облачность и частое выпадение осадков.

Зимой осадки в основном обложные, малоинтенсивные.

Летом интенсивность общей циркуляции атмосферы заметно снижается. Господствующей воздушной массой остается влажный морской воздух Атлантики, и, как следствие, сухих дней летом, как и зимой, наблюдается немного. [1]

Среднее количество осадков, приведенное к показаниям осадкомера, и наблюдаемые максимум и минимум месячной суммы осадков за период 1966-2020 гг. представлены в таблице 3.9.[2]

Таблица 3.9 - Среднее количество осадков, приведенное к показаниям осадкомера, и наблюдаемые максимум и минимум месячной суммы осадков за период 1966 - 2020 гг.

Месяц	Среднее значение, мм	Минимальное значение, мм	Год	Максимальное значение, мм.	Год
Январь	34,9	5,3	1972	64,6	2016
Февраль	25,6	5,5	1978	51,5	2019
Март	31,6	6,6	1996	68,9	1966
Апрель	33,8	5,1	1984	100,8	1966
Май	44,8	2,8	1978	92,6	1995
Июнь	59,8	18,3	1972	128,2	1981

Продолжение таблицы 3.9

Июль	74,4	4,5	1973	177,8	2004
Август	83,7	20,9	2002	205,5	2003
Сентябрь	64,3	20,1	1971	182,1	1970
Октябрь	56,2	0,4	1987	114,4	1984
Ноябрь	48,6	5,7	1993	97,1	1974
Декабрь	42,2	13,8	2018	96,5	1999

Изменчивость месячных и годовых сумм осадков из года в год велика. За период с 1966 по 2020 гг. наибольшее количество осадков (786,8 мм) отмечено в 1981 г., наименьшее в 1980 г. – 399,9 мм. Максимум месячной суммы осадков был зафиксирован в августе 2003 г. (205,5 мм), минимум - в ноябре 1987 г. (0,4 мм).

Частоту выпадения осадков можно охарактеризовать числом дней с различным количеством осадков. Например, число дней с осадками 0,1 мм и более в Петрозаводске в среднем равно 196, с осадками 1 мм и более – 120, с осадками 5 мм и более – 36, с осадками 10 мм и более – 13.

Если посмотреть на годовой ход осадков (рисунок 2.6), видно, что наибольшая повторяемость числа дней с осадками (0,1 мм) приходится на холодную половину года (с октября по январь), наименьшая – на весенние месяцы (апрель, май).

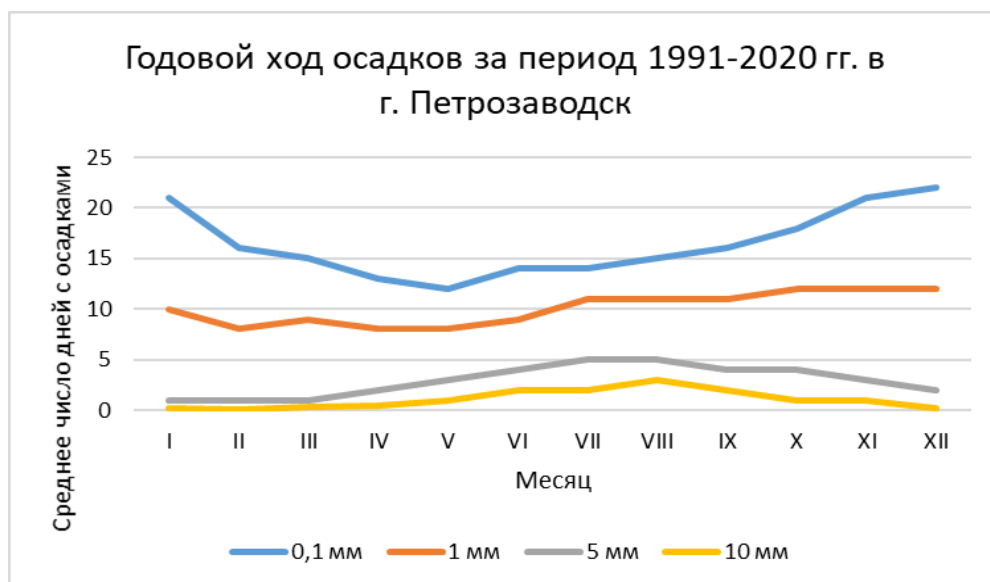


Рисунок 3.9 – Годовой ход осадков в г. Петрозаводск

Наибольшая повторяемость числа дней с осадками 5 мм и более и 10 мм и более отмечается в теплую половину года.

Важная характеристика осадков - их интенсивность (количество осадков, выпадающих в единицу времени), которая в свою очередь зависит от их продолжительности, т.е. с увеличением продолжительности осадков обычно уменьшается их интенсивность. В холодную половину года осадки наиболее продолжительные, и интенсивность их наименьшая. И наоборот, в теплую половину года продолжительность осадков уменьшается, и соответственно увеличивается их интенсивность.

В Петрозаводске 46 % годового количества составляют жидкие осадки, 33 % - осадки в твердом виде, 21 % - в смешанном (снег с дождем или мокрый снег). В период с июня по август выпадают только жидкие осадки. Лишь изредка в июне возможно выпадение смешанных осадков (1 % месячного количества). Осенью количество жидких осадков уменьшается, а твердых и смешанных

увеличивается. В зимние месяцы осадки выпадают преимущественно в твердом виде.

По характеру выпадения можно выделить следующие виды осадков: обложные, ливневые, обложные переходящие в ливневые, и наоборот. Ливневые осадки выпадают преимущественно с мая по сентябрь. Наибольшая повторяемость их отмечается в июне. В холодную половину года преобладают обложные осадки, максимум их наблюдается в декабре. Повторяемость ливневых осадков зимой в 5-8 раз меньше, чем летом. Обложные осадки в Петрозаводске значительно преобладают над ливневыми и смешанными, причем обложные осадки чаще выпадают ночью, чем днем. Ливневые и смешанные осадки чаще выпадают днем.

Суточный максимум осадков за период 1966-2020 гг. колеблется в пределах от 14 до 68 мм. Наибольший суточный максимум осадков наблюдается в летние месяцы, наименьший – зимой. Абсолютный суточный максимум осадков в Петрозаводске составил 205,5 мм и был зафиксирован в августе 2003 года.

Проанализировав данные за период 1966-2020 гг., можно сделать вывод, что самым влагообеспеченным месяцем в теплый период является август. Средняя многолетняя сумма осадков в этом месяце составляет 84 мм. В холодный период самый влагообеспеченный месяц ноябрь со средней многолетней суммой осадков 49 мм. В феврале количество атмосферной влаги уменьшается до 26 мм – минимальное значение в году. Максимального значения за год осадки достигают в августе.

Многолетние наблюдения метеорологического режима атмосферных осадков (рисунок 3.10, 3.11, Приложения Д,Е) позволяют определить периоды пониженного и повышенного увлажнения, характерные по слою осадков годы, общую тенденцию. По данным объединенной гидрометеорологической станции Петрозаводск общая сумма атмосферных осадков за год меняется от 400 мм (в 1980 г.) до 786 мм (в 1981 г.).

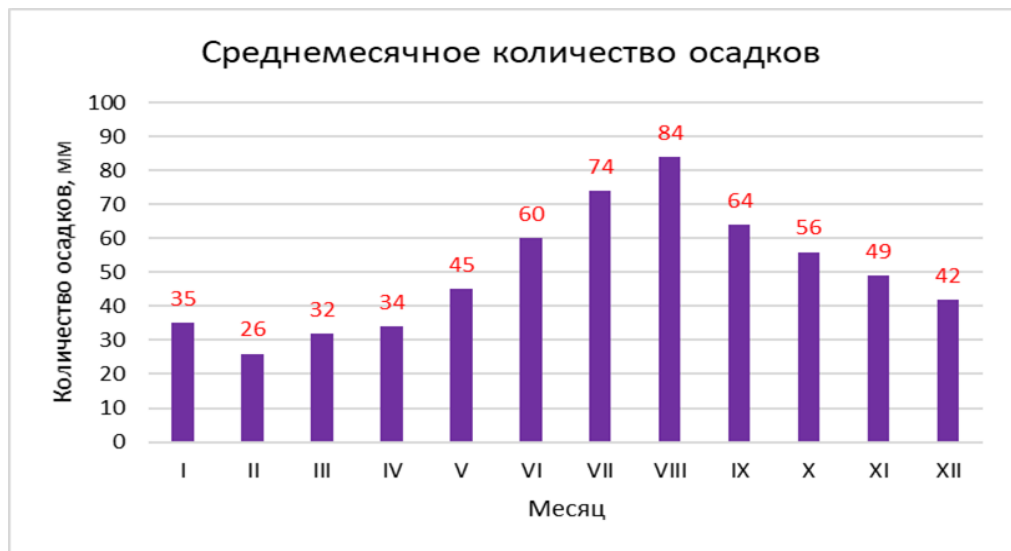


Рисунок 3.10 - средние многолетние суммы атмосферных осадков по месяцам; ОГМС
Петрозаводск

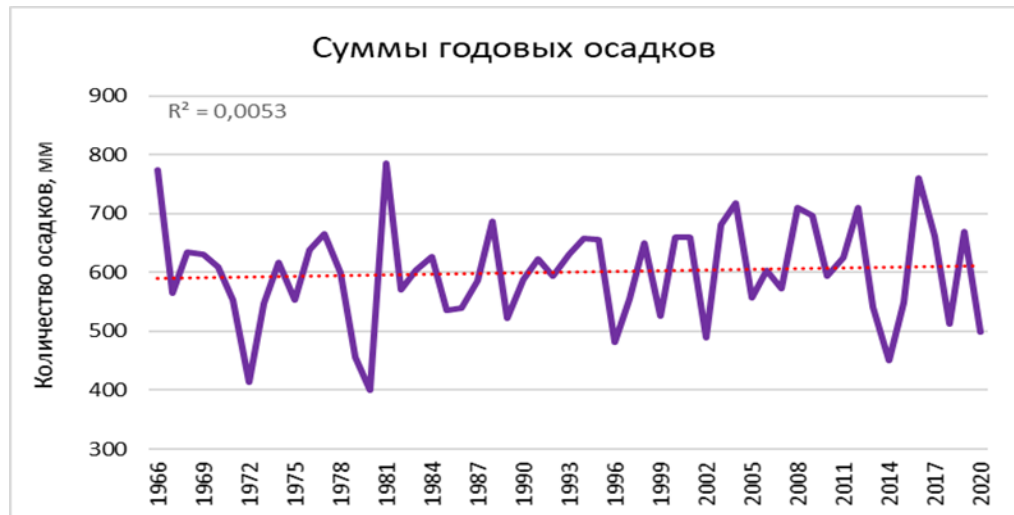




Рисунок 3.11 – Суммы осадков за год, холодный период и теплый период; ОГМС Петрозаводск.

Средняя многолетняя величина годовой суммы осадков за период 1966 – 2020 гг. равна 600 мм.

На сегодняшний день для расчета климатической нормы годовой суммы атмосферных осадков, согласно рекомендациям Главной геофизической обсерватории имени А.И. Воейкова и Всемирной метеорологической организации, утвержден период с 1961 по 1990 гг. Исходя из этого, климатическая норма годовой суммы осадков для города Петрозаводск составляет 585 мм.

В хронологической последовательности годовых сумм осадков мы не можем проследить затяжные периоды повышенного или пониженного увлажнения. Наиболее продолжительные периоды повышенного увлажнения зафиксированы с 1990 по 1995 годы (6 лет) и с 2008 по 2012 годы (5 лет). Также достаточно четко просматриваются небольшие периоды с увлажнением выше климатической нормы в 2-4 года. Это периоды: 1968-1970 гг., 1976-1978 гг., 1983-1984 гг., 1987-1988 гг., 2000-2001 гг., 2003-2004 гг., 2016-2017 гг.. Периоды 1971-1973 гг., 1979-1980 гг., 1985-1986 гг., 1996-1997 гг., 2013-2015 гг. характеризуются значениями увлажнения ниже климатической нормы.

В колебаниях величины атмосферных осадков можно отметить изменения противоположные по знаку и, которые значительно отличаются по величине.

Например, 1980 – год с очень низким слоем осадков и сразу за ним следует 1981 – год с очень высоким слоем осадков. Аналогичные примеры можно отметить в следующие пары лет: 1966-1967 гг., 1978-1979 гг., 1981-1982 гг., 1988-1989 гг., 1995-1996 гг., 1998-1999 гг., 2001-2002 гг., 2002-2003 гг., 2004-2005 гг., 2007-2008 гг., 2012-2013 гг., 2015-2016 гг., 2019-2020 гг..

В таблице 3.10 показаны годы с величиной атмосферных осадков выше и ниже климатической нормы.

Таблица 3.10 – Годы с величиной атмосферных осадков выше и ниже климатической нормы за период 1966-2020 гг.

Выше климатической нормы	Ниже климатической нормы
1966, 1968, 1969, 1970, 1974, 1976, 1977, 1978, 1981, 1983, 1984, 1987, 1988, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1998, 2000, 2001, 2003, 2004, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2016, 2017, 2019.	1967, 1971, 1972, 1973, 1975, 1979, 1980, 1982, 1985, 1986, 1989, 1996, 1997, 1999, 2002, 2005, 2007, 2013, 2014, 2015, 2018, 2020.
Всего: 33	Всего: 22

В исследуемом периоде в 33 случаях годовая сумма осадков превысила климатическую норму, в 22 случаях – она оказалась ниже. Следовательно, мы можем сделать вывод, что, несмотря на не малое количество лет с суммой осадков, не превышающей климатическую норму, наблюдается рост атмосферных осадков.

Наклон линии тренда (рисунок 3.11, приложение Е) говорит о незначительной, но все-таки тенденции роста атмосферных осадков. В таблице 3.11 представлена оценка значимости трендов в рядах атмосферных осадков.

Таблица 3.11 – Оценка значимости трендов в рядах сумм атмосферных осадков за период 1966-2020 гг. (при $2\alpha = 5\%$)

Метеорологическая станция	Интервал	R	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	Значимость тренда
ОГМС Петрозаводск	год	0,07	0,137	0,27	-
	холодный период	0,07	0,137	0,27	-
	теплый период	0,04	0,137	0,27	-
ОГМС Калевала	год	0,40	0,136	0,27	+
	холодный период	0,47	0,134	0,27	+
	теплый период	0,32	0,137	0,27	+
МС Сортавала	год	0,40	0,136	0,27	+
	холодный период	0,40	0,136	0,27	+
	теплый период	0,32	0,137	0,27	+
МС Зашеек	год	0,03	0,137	0,27	-
	холодный период	0,06	0,137	0,27	-
	теплый период	0,06	0,137	0,27	-

Для того, чтобы определить примерную дату, когда же все-таки начал меняться климат, мною построены интегральные кривые годовых сумм осадков (рисунок 3.12, Приложение Ж).

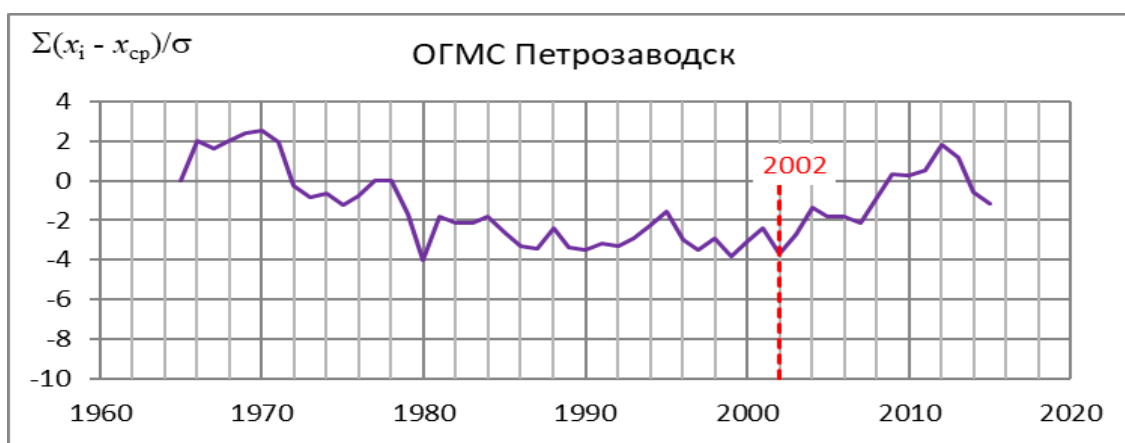


Рисунок 3.12 – Интегральная кривая годовых сумм осадков;
ОГМС Петрозаводск

Исходя из рисунков, более влажный период на территории Карелии начался в 2003 – 2006 гг., а в северной части республики режим увлажнения начиная с 1980-х гг. держится на достаточно высоком уровне. В последние десятилетия норма по количеству осадков выросла на 5-10%.

3.4.3. Снежный покров

Наблюдения за снежным покровом в г. Петрозаводск были начаты в 1949 году. В среднем за год по данным справочников в городе отмечается 145 дней со снежным покровом. Образуется снежный покров обычно ближе к концу октября, но бывали случаи, когда снежный покров образовывался в третьей декаде сентября. Самая поздняя дата образования снежного покрова за период 1966-2020 гг. была зафиксирована 15 ноября.

Первый снежный покров, как правило, довольно быстро исчезает. А весной наоборот, после разрушения он снова может восстановиться.

Устойчивым снежный покров принято считать в том случае, если он лежал не менее 30 дней и в течение каждого такого промежутка было не более трех дней перерыва подряд или вразбивку [3]. Обычно устойчивый снежный покров устанавливается в середине ноября. Однако, даты образования такого снежного покрова могут значительно меняться от года к году в зависимости от условий погоды. Самая поздняя дата образования устойчивого снежного покрова была зафиксирована 05 января. Разрушение его начинается в середине апреля. И примерно к середине мая снежный покров окончательно исчезает.

Обеспеченность (%) дат образования снежного покрова – это вероятность, что он образуется либо в указанные даты, либо раньше их. Обеспеченность (%) дат разрушения снежного покрова – это вероятность, что он разрушится в указанные даты, либо позже их [1]. Даты установления и схода снежного покрова различной обеспеченности приведены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 - Даты установления и схода снежного покрова различной обеспеченности за период 1966 - 2020 гг.

Обеспеченность, %	5	10	20	50	75	90	95
Первое появление снежного покрова	29.09	04.10	12.10	20.10	25.10	03.11	06.11
Образование устойчивого снежного покрова	17.10	21.10	31.10	15.11	26.11	06.12	11.12
Разрушение устойчивого снежного покрова	25.04	22.04	20.04	11.04	05.04	25.03	14.03
Сход снежного покрова	26.05	23.05	18.05	01.05	22.04	12.04	11.04

Различие между датами появления снежного покрова и образования устойчивого снежного покрова в начале зимы составляет в среднем 26 дней. Полный сход снежного покрова происходит на 3 недели позже даты разрушения устойчивого снежного покрова. А устойчивый снежный покров лежит в среднем 117 дней.

По мере образования устойчивого снежного покрова его высота постепенно увеличивается, достигая своих максимальных значений, которые приведены в таблице 3.13. Однако, наибольшая за зиму высота снежного покрова значительно меняется из года в год.

Таблица 3.13 – Наибольшая высота снежного покрова по постоянной рейке (см) за период 1966 - 2020 гг.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
62	63	79	61	21	0	0	0	19	24	37	60

3.5. Режим облачности и атмосферные явления

3.5.1. Облачность

При характеристике облачности обычно рассматривается количество облаков, их формы и высота нижней границы. Количество облаков оценивается визуально по 10-бальной шкале отдельно для общей и нижней (высота нижней границы менее 2000м) облачности.

Основной количественной характеристикой различного состояния неба является повторяемость ясного (0-2 балла), полужасного (3-7 баллов), пасмурного (8-10 баллов) неба, а также число ясных и пасмурных дней.

Ясным считается такой день, в который сумма отметок облачности за четыре срока наблюдений не превышает 7 баллов, если же эта сумма составляет 33 балла и более, то день считается пасмурным. Чтобы охарактеризовать устойчивость пасмурной и ясной погоды, были введены коэффициенты $K_{\text{я}}$ и $K_{\text{п}}$, которые представляют собой отношение числа ясных или пасмурных дней (в процентах от числа дней в месяце) и повторяемости отметок облачности 0-2 или 8-10 баллов. Значения этих коэффициентов приведены в таблице 3.14. Как видно из таблицы, наибольшей устойчивостью отличается пасмурная погода в холодный период, особенно в ноябре, декабре. С марта по август более устойчивой по нижней облачности становится ясная погода, хотя значения коэффициента устойчивости не превышают 64%. По общей облачности ясная погода также более устойчива в теплое время года [1].

Таблица 3.14 – Коэффициенты устойчивости ясной $K_{\text{я}}$ и пасмурной $K_{\text{п}}$ (%) погоды по общей и нижней облачности (%)

К	Облачность	I	II	III	IV	V	VI
$K_{\text{я}}$	Общая	28	23	43	41	34	30
	Нижняя	42	51	63	64	58	54
$K_{\text{п}}$	Общая	79	76	61	68	67	65
	Нижняя	61	57	49	47	41	33

Продолжение таблицы 3.14

	Облачность	VII	VIII	IX	X	XI	XII
K _я	Общая	38	39	19	13	23	24
	Нижняя	58	57	36	34	35	28
K _ц	Общая	69	69	71	80	88	85
	Нижняя	40	45	47	67	77	74

Повторяемость ясного неба в ноябре наименьшая и составляет всего 10% (по общей облачности) и 20% (по нижней облачности).

В теплый период, начиная с марта, повторяемость пасмурного неба уменьшается, увеличивается повторяемость ясного и полужасного неба как по общей, так и по нижней облачности. Повторяемость ясного неба в теплый период мало меняется от месяца к месяцу, особенно по общей облачности, и составляет 24-26%. Начиная с августа повторяемость ясного состояния неба резко уменьшается, увеличивается повторяемость пасмурного неба в связи с усилением циклонической деятельности, увеличением повторяемости воздушных масс морского типа и увеличением относительной влажности.

Если проанализировать годовой ход облачности, то станет понятно, что в Петрозаводске наибольшая облачность наблюдается в холодное время года, особенно в октябре, декабре. Годовой ход по нижней и общей облачности практически одинаков. Наибольшее количество облачности как по нижней, так и по верхней приходится на ноябрь.

Формы облаков, как и количество, отличаются большой изменчивостью во времени. Повторяемость различных форм облачности по сезонам зависит от условий их образования и определяется характером процессов, происходящих в атмосфере. В Петрозаводске в течение года преобладает слоисто-кучевая (Sc) облачность, наибольшая повторяемость которой приходится на осень и составляет 45%.

В таблице 3.15 показана повторяемость основных форм облаков по сезонам, которая вычислена в % от общего числа наблюдений.

Таблица 3.15 – Повторяемость (%) основных форм облаков по сезонам

Форма облаков	Зима	Весна	Лето	Осень
Кучевые	1	12	22	6
Кучево-дождевые	6	8	16	8
Высоко-кучевые	12	21	31	16
Высоко-слоистые	15	11	9	10
Слоисто-дождевые	14	7	5	15
Слоисто-кучевые	31	33	33	46
Слоистые	8	2	1	4

3.5.2. Атмосферные явления

Туманы.

Туман – скопление мельчайших капелек воды или кристаллов льда, находящихся во взвешенном состоянии [1]. Видимость во время тумана быстро ухудшается и становится меньше 1 км.

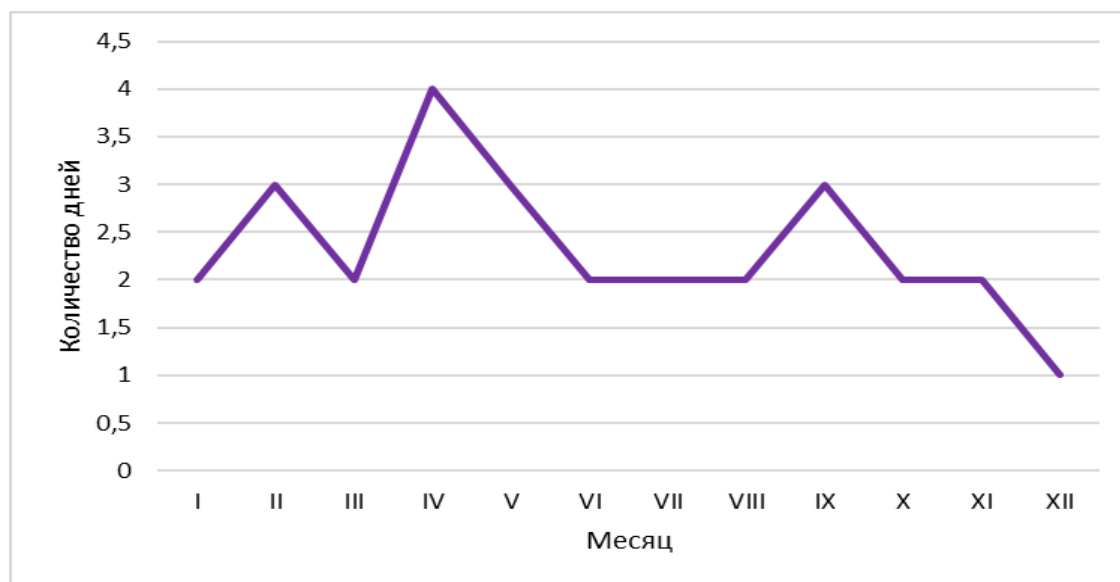


Рисунок 3.13 – Годовой ход числа дней с туманом в г. Петрозаводск

Туман представляет серьезную опасность для всех видов транспорта. Возникновение тумана связано прежде всего с изменением температуры и влажности воздуха.

В Петрозаводске за год среднее число дней с туманом составляет 24 дня. Годовой ход выражен слабо (рисунок 2.7). Летом число дней с туманом равно 2. Весной наблюдается наибольшая повторяемость и продолжительность туманов (максимум в апреле).

Метели.

Метель – перенос снега ветром. Его возникновению способствует усиление ветра во время снегопада. Но иногда метель может наблюдаться и без выпадения снега. Обычно метели возникают при прохождении атмосферных фронтов, чаще теплых.

Основная характеристика метели – это среднее число дней. Когда подсчитывают число дней с метелью, в расчет берут дни, в которые наблюдался хотя бы один из видов метели: метель с выпадением снега (общая) или низовая, независимо от того, сколько видов метелей отмечалось в этот день. Среднее и максимальное число дней с метелью представлены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Среднее и максимальное число дней с метелью в г. Петрозаводск

Число дней	X	XI	XII	I	II	III	IV	Год
Среднее	1	3	6	6	5	3	1	25
Максимальное	3	17	14	15	16	12	5	48

Первые метели в Петрозаводске можно отметить уже в октябре, но бывают они не каждый год, а последние – в апреле и они тоже, наблюдаются очень редко. Наибольшее число дней с метелью наблюдается в декабре-январе и составляет в среднем 6 дней, а меньше всего метелей фиксируется октябре и апреле (1 день).

Гроза.

Гроза образуется в результате электрических разрядов между облаками или между облаком и землей. В Петрозаводске грозовая деятельность наиболее развита в теплый период, обычно с мая до августа. Дать ей оценку можно по

числу дней с грозой за год. Первые грозы могут отмечаться и в апреле, но достаточно редко. В холодный период грозы очень редкое явление.

Таблица 3.17 – Среднее и максимальное число дней с грозой в г. Петрозаводск

Число дней	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Год
Среднее	0,2	1,5	3	5	3	0,4	0,1	13,2
Максимальное	2	7	9	14	7	3	2	44

В среднем в городе наблюдается 13 дней с грозой (таблица 3.17), но в некоторые годы это значение может сильно меняться. Иногда могут отмечать до 30 дней с грозой за год, а иногда и до 8.

Метеорологическая дальность видимости (МДВ).

Это наибольшее расстояние, с которого в светлое время суток можно различить на фоне неба вблизи горизонта абсолютно черный объект достаточно больших угловых размеров [1]. МДВ является характеристикой прозрачности атмосферы.

Чаще всего на метеостанциях в Республике Карелия МДВ определяется визуально. Инструментальные измерения производятся с помощью поляризационного измерителя видимости М-53 и нефелометрической установки М-71. Значение ее при этом можно определить в пределах от 0 до 50 км.

4. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЗОНОВ

4.1. Зима

За начало зимы принято считать то время, когда средняя суточная температура воздуха переходит через -5°C в сторону понижения и устанавливается устойчивый снежный покров. А конец зимы наступает, когда средняя суточная температура воздуха переходит через 0°C в сторону повышения и устойчивый снежный покров разрушается.

Как правило, в Карелии зима начинается чаще всего в конце ноября. На севере республики часто зима наступает в конце октября – начале ноября. Однако, в последние годы отмечалось гораздо более позднее наступление зимы. Так, например, зимний сезон 2019-2020 гг. на территории Петрозаводска начался лишь ближе к середине декабря, а в южной части республики, по данным МС Сортавала, МС Олонец, МС Валаам, устойчивый снежный покров и вовсе не успел образоваться.

В холодный период происходит усиление области пониженного давления над северными районами и это приводит к преобладанию западных и юго-западных ветров.

Относительная влажность воздуха принимает наибольшие свои значения в этот сезон. На декабрь и январь выпадает наибольшее количество влажных дней, а сухие дни практически отсутствуют.

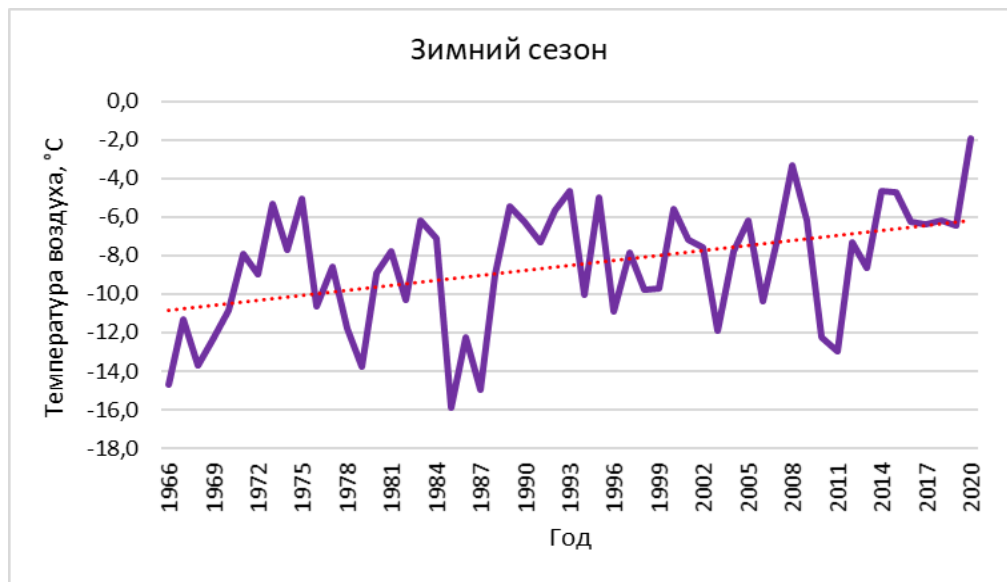


Рисунок 4.1 – Среднегодовая температура воздуха в зимний сезон

Климатической нормой в холодный период является температура воздуха, равная $-9,6^{\circ}\text{C}$.

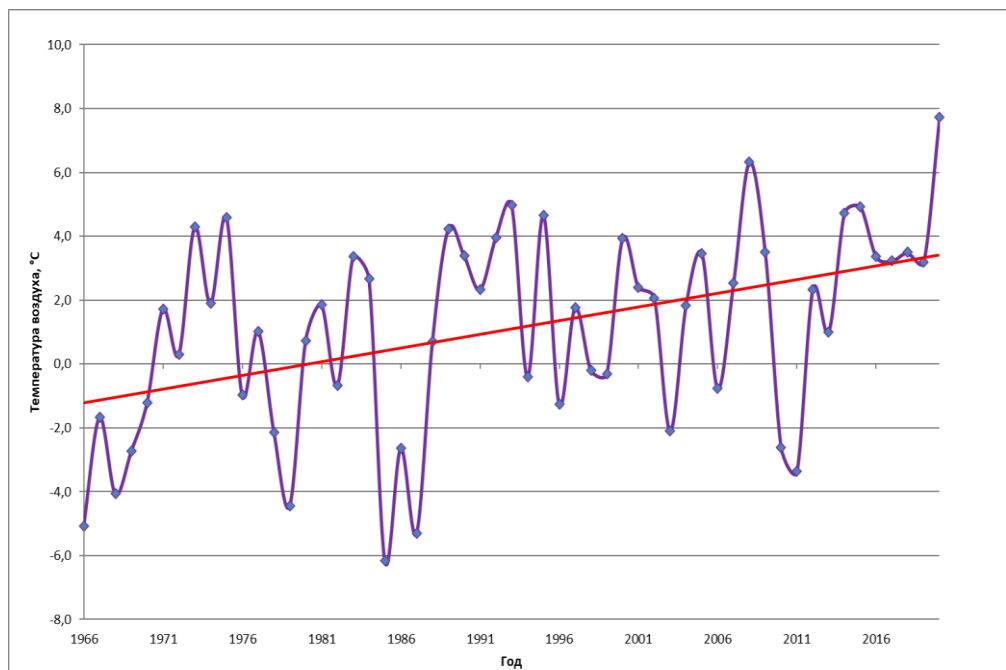


Рисунок 4.2 – Отклонения средней температуры воздуха от нормы в зимний сезон; г. Петрозаводск

В последние десятилетия аномалия средней температуры воздуха в зимний сезон практически каждый год принимает положительные значения в среднем $2,2^{\circ}\text{C}$. А в 2020 году отклонение от нормы составило $7,7^{\circ}\text{C}$, вследствие чего зиму 2019 – 2020 гг. можно считать самой теплой за всю историю наблюдений.

4.2. Лето

Летний сезон наступает при переходе средней суточной температуры воздуха через 10 °С в сторону повышения и прекращении заморозков на поверхности почвы. Конец лета – дата перехода средней суточной температуры воздуха через 10 °С в сторону понижения и появление заморозков на подстилающей поверхности. Начиная с 1990 года, дата наступления «климатического» лета в Петрозаводске сдвинулась почти на две недели по сравнению с климатической нормой, равной 28.05. Теперь дата наступления лета – 15.05.

В летний период вместе с преобладающими юго-западными ветрами увеличивается повторяемость северо-западных, северных, восточных ветров.

В длинные летние дни возрастает приток солнечной радиации. Летом город получает такое же количество тепла, как и районы средних широт России.

Июль – центральный месяц лета. Средняя месячная температура июля за последние 30 лет превысила климатическую норму на 1,1 °С и равна 17,1 °С. Изменение температуры с июля по август колеблется в пределах 1 2 °С.

Заморозки в летние месяцы фиксируются очень редко и в основном только в августе один раз в 10 лет (1966, 1969 гг.).

Относительная влажность воздуха в летние дни меньше, чем в зимние. Но все равно остается на довольно высоком уровне (70-79%).

Летом выпадает в среднем 220 мм атмосферных осадков. Это составляет 37% от годовой суммы.

Климатическая норма температуры воздуха летом – 14,5 °С.

Судя по графику (рисунок 4.3, 4.4), с уверенностью можно сказать, что начиная с 1990-х годов лето в Петрозаводске довольно теплое. Аномалия средней температуры воздуха почти каждый год имеет положительные значения, достигающие до 3 °С. Самый теплый летний сезон за всю историю наблюдений был зафиксирован в 1917 году. Тогда средняя температура воздуха за лето составила 18 °С.



Рисунок 4.3 – Среднегодовая температура воздуха в летний сезон

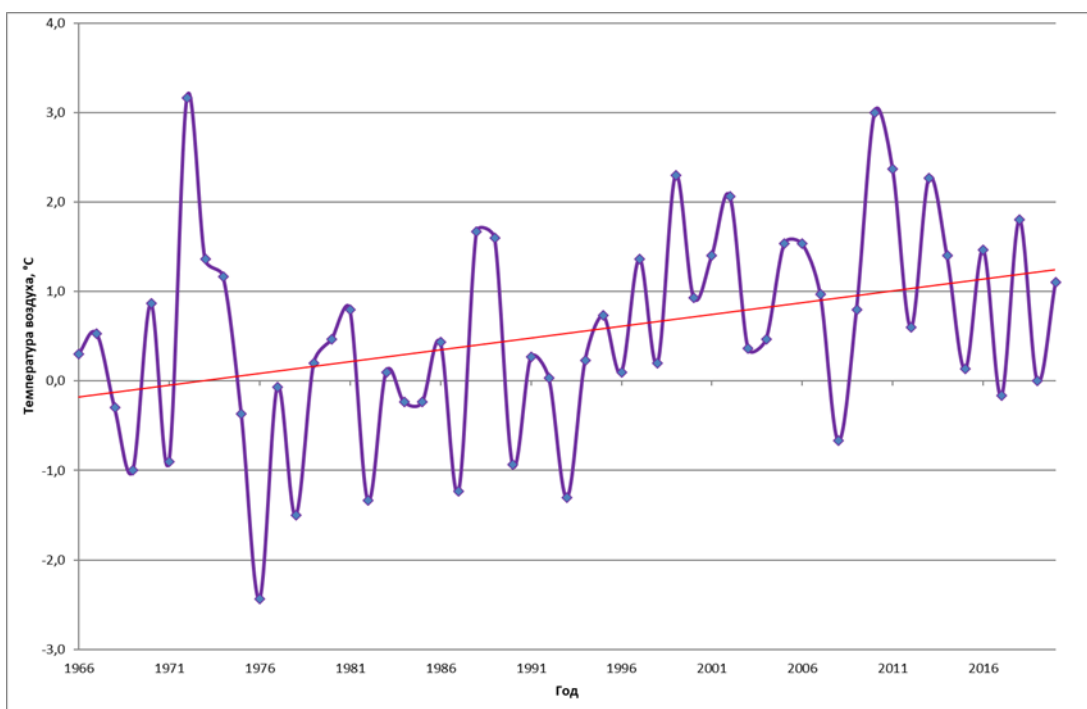


Рисунок 4.4 – Отклонения средней температуры воздуха от нормы в летний сезон; г. Петрозаводск

4.3. Весна и осень

За начало весны принято считать время перехода средней суточной температуры через 0 °С в сторону повышения и разрушение устойчивого

снежного покрова. Концом весны считается дата перехода средней суточной температуры через 10 °С в сторону повышения и прекращение заморозков на почве.

За начало осени принято время перехода средней суточной температуры через 10 °С в сторону понижения и появление заморозков на почве. Концом осени считается дата перехода средней суточной температуры через -5 °С в сторону понижения и установление устойчивого снежного покрова. [1]

Норма температуры воздуха в Петрозаводске весной составляет 1,8 °С, осенью 3,2 °С.

Среднегодовая температура воздуха за весенний и осенний сезоны представлена на графиках и отклонения средней температуры от нормы (рисунок 4.5, 4.6, 4.7, 4.8). На них хорошо виден значимый тренд на повышение средней годовой температуры воздуха.

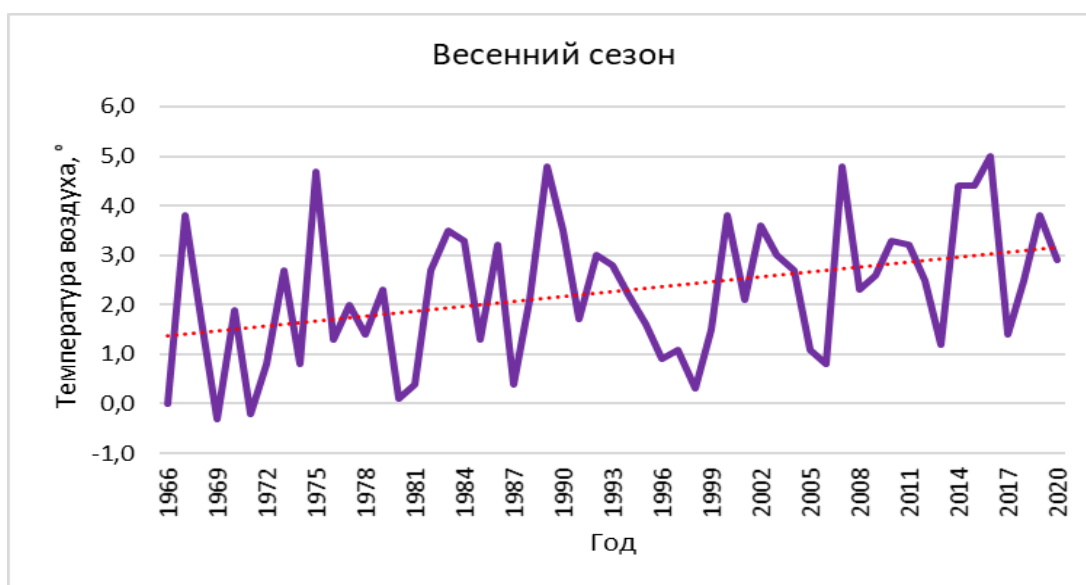


Рисунок 4.5 – Среднегодовая температура воздуха в весенний сезон

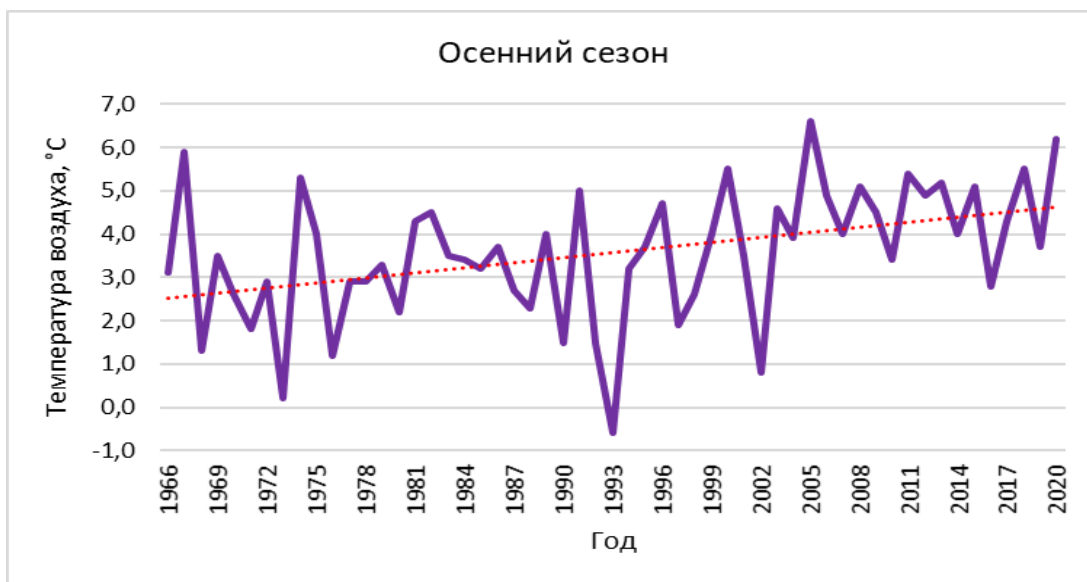


Рисунок 4.6 – Среднегодовая температура воздуха в осенний сезон

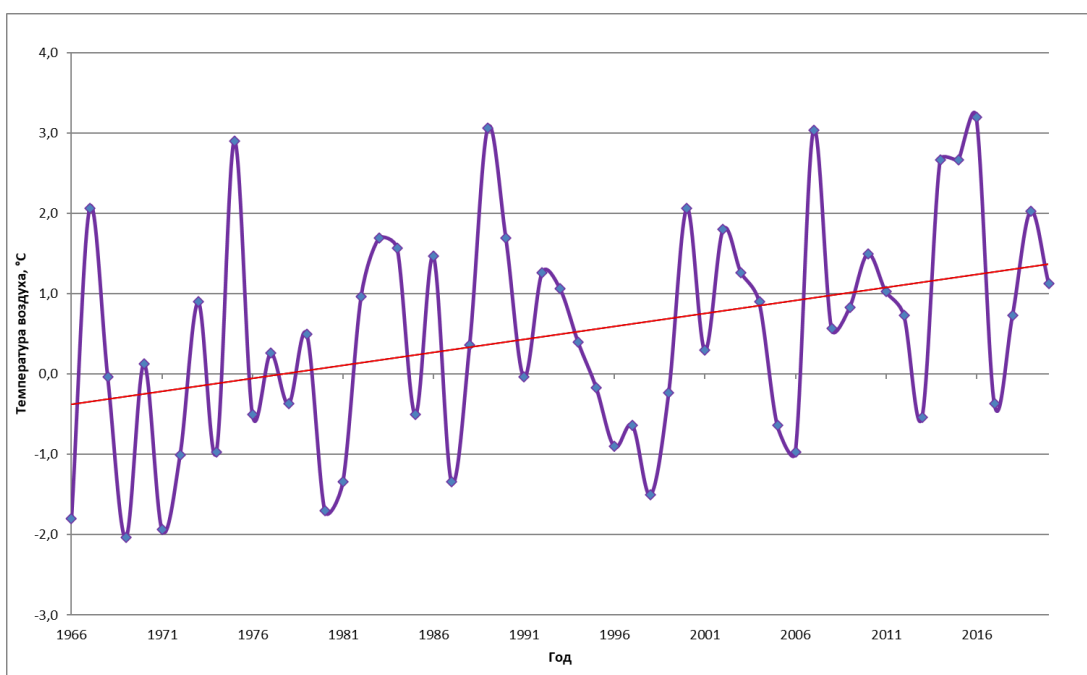


Рисунок 4.7 – Отклонения средней температуры воздуха от нормы в весенний сезон; г. Петрозаводск

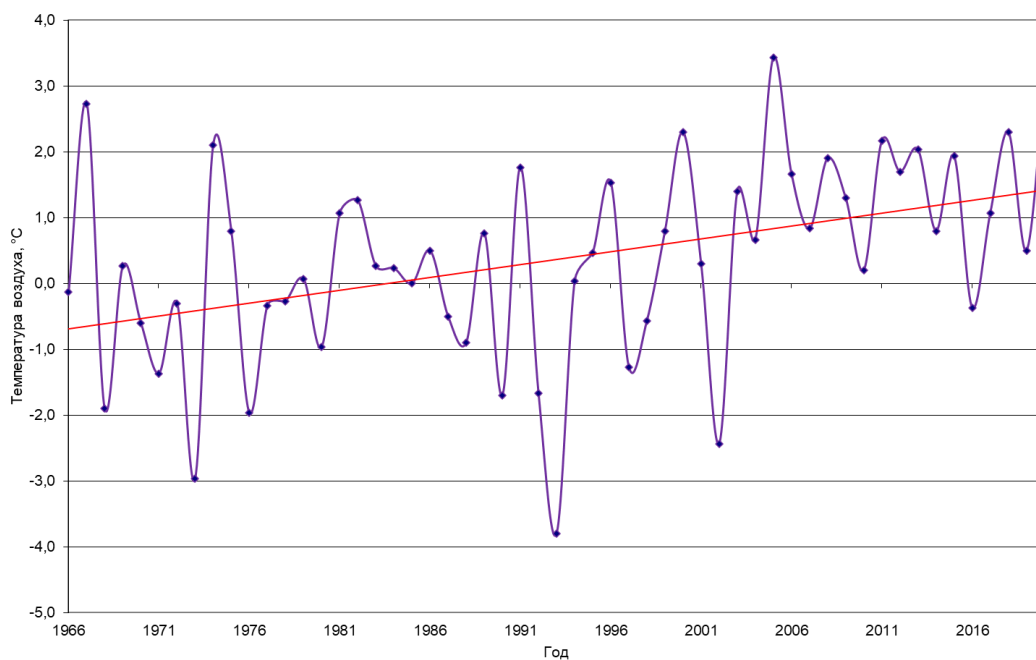


Рисунок 4.8 – Отклонения средней температуры воздуха от нормы в осенний сезон; г. Петрозаводск

Циклоническая деятельность весной слабее чем осенью. Влияние радиационного фактора весной больше, осенью соответственно меньше.

Весенние месяцы холоднее, чем осенние. Но отрицательные среднемесячные температуры воздуха в апреле последний раз были зафиксированы в 1998 году. В мае, как правило, средние температуры за месяц принимают положительные значения, хотя иногда температура падает ниже 0°C .

Абсолютный минимум температуры в апреле равен $-24,0^{\circ}\text{C}$ (1950г.), в мае $-10,5^{\circ}\text{C}$ (1893 г.), октябре $-14,9^{\circ}\text{C}$ (1903 г.), сентябре $-6,7^{\circ}\text{C}$ (1928 г.).

Средняя месячная температура воздуха весной за последние 30 лет составляет $2,6^{\circ}\text{C}$, что на $0,8^{\circ}\text{C}$ превышает климатическую норму. Осенью же средняя месячная температура воздуха составляет $3,9^{\circ}\text{C}$ с превышением над климатической нормой на $0,7^{\circ}\text{C}$.

Весной прекращаются характерные для зимы атмосферные явления (гололед, изморозь, метели), меняется вид осадков. В апреле можно услышать первые грозы.

Осенью атмосферные явления более разнообразны. Но также могут сохраняться грозы и град. Снег в последние десятилетия появляется ближе к концу сезона. С ноября отмечаются явления, присущие холодному времени года.

Заключение

На основании проделанной работы по исследованию метеорологического режима Республики Карелия можно смело говорить о том, что в последние десятилетия климат здесь, несомненно, меняется, как и во всем мире. Начиная с 1990-х годов, средняя температура воздуха в холодный период становится все выше, зимы становятся менее суровыми. Устойчивый снежный покров стал фиксироваться не на всей территории республики. Летом все больше отмечается теплых дней с отклонением температуры воздуха в положительную сторону.

Во все сезоны года отмечается значимый тренд и температуры воздуха и осадков. Отклонения температуры воздуха летом и весной достигают 3,0 - 3,3 °С, а зимой вообще доходят до 7,7 °С.

Человеческое общество очень зависит от погодных условий и, учитывая существующие изменения климата, ему необходимо пересмотреть свою деятельность всех секторов экономики. Нужно менять свое отношение к окружающей среде, принимать обдуманные и правильные решения, которые приведут к улучшению качества жизни, а не наоборот.

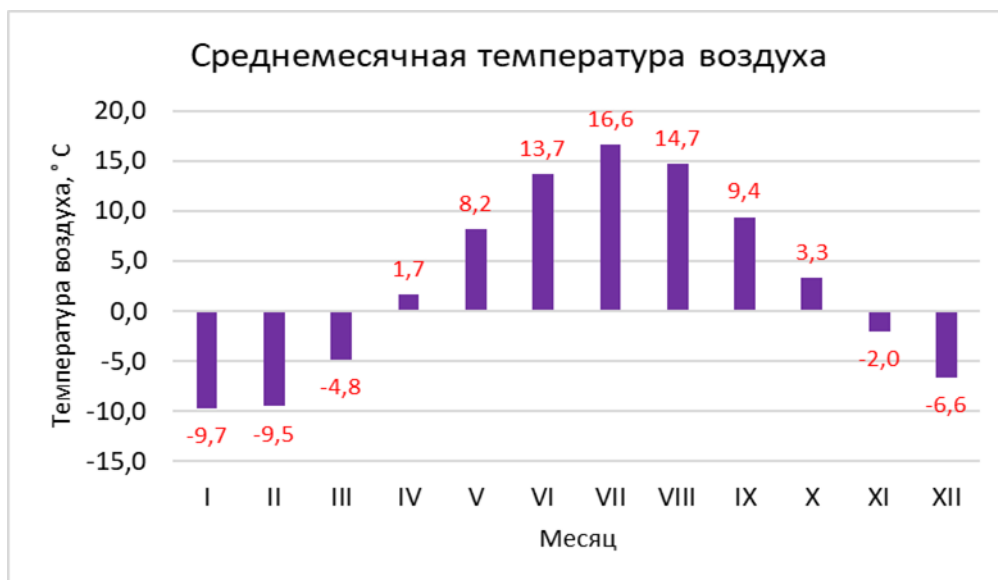
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Швер Ц.А. Климат Петрозаводска / Ленинград: Гидрометеиздат, 1982. - 214 с.
2. Разуваев В.Н. Научно-прикладной справочник «Климат России» / В.Н. Разуваев, Л.Н. Аристова, Л.К. Клещенко. – 2018.
3. Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, Указания управления Гидрометслужбы по подготовке к печати материалов по снежному покрову. – Ленинград, 1966. - 65 с.
4. Кондратюк В.И. Рекомендации по эксплуатации автоматизированных метеорологических комплексов в наблюдательных подразделениях. – Санкт-Петербург, 2014. – 48 с.
5. Груза Г.В. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата Российской Федерации: температура воздуха / Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. – 194 с.

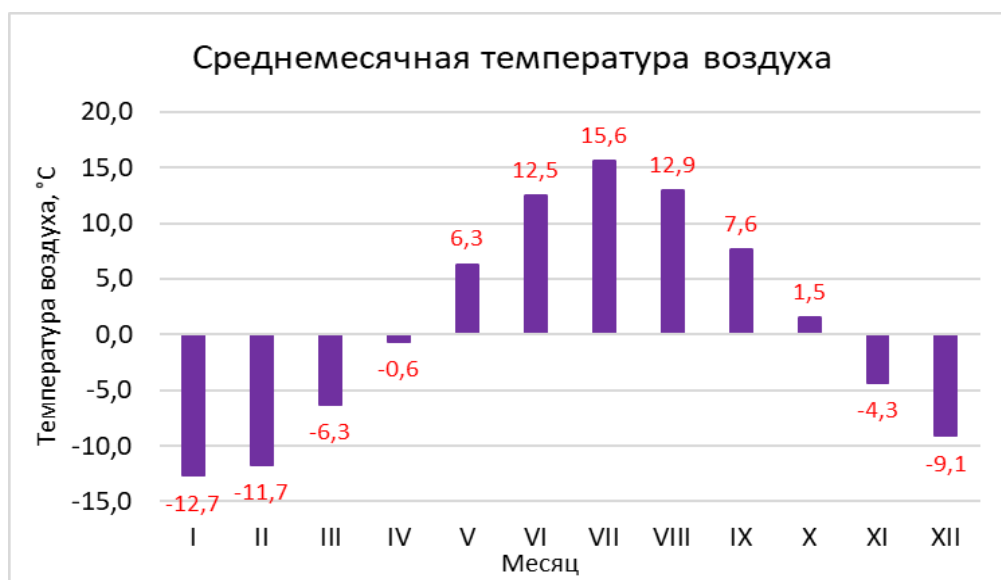
ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРИЛОЖЕНИЕ А – многолетние среднемесячные температуры воздуха за период 1966-2020 гг.

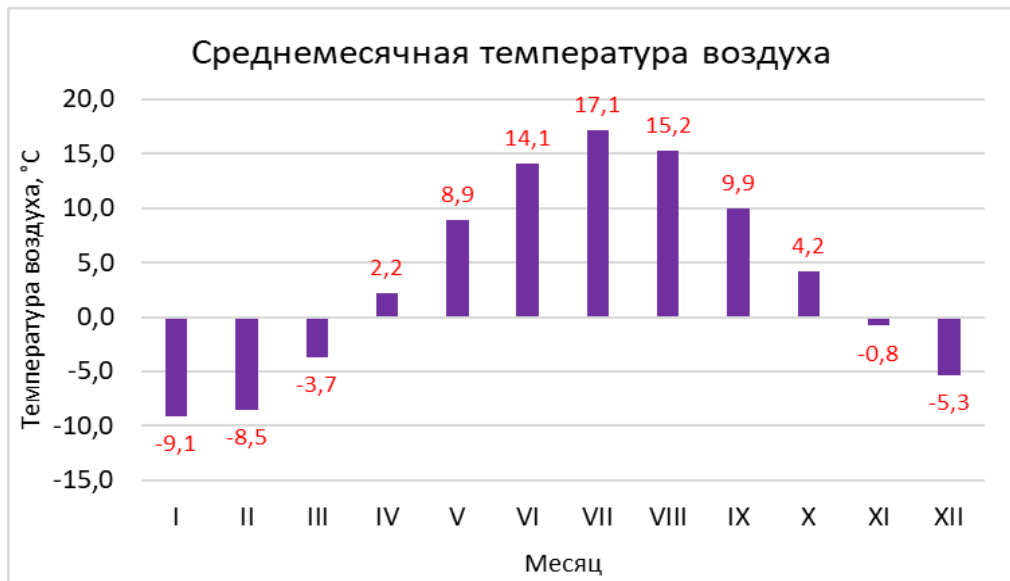
ОГМС Петрозаводск



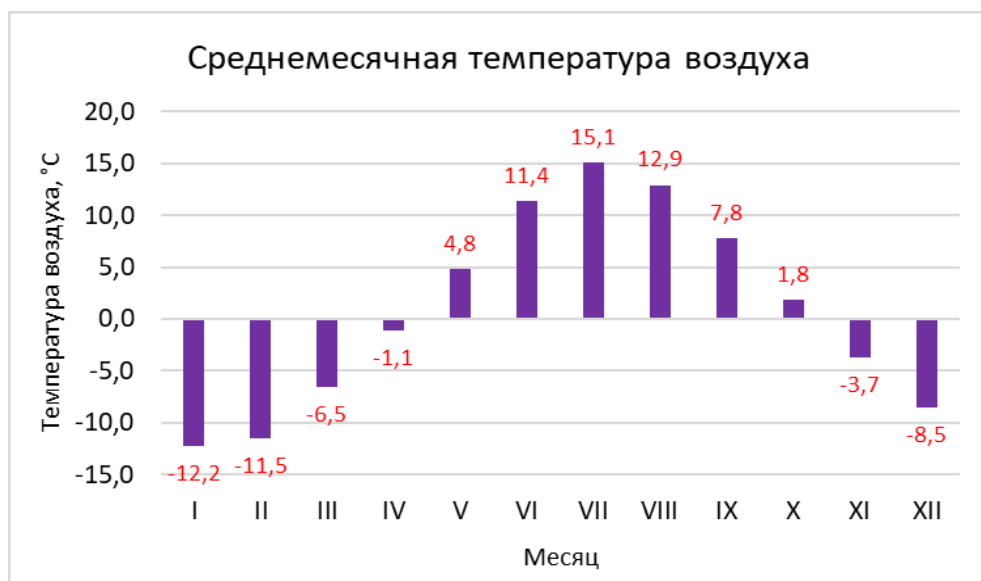
ОГМС Калевала



МС Сортавала



МС Зашеек



ПРИЛОЖЕНИЕ Б - Многолетние значения среднемесячной и среднегодовой температуры воздуха, а также значения ее отклонения от климатической нормы за период 1991-2020 гг.

ОГМС Петрозаводск

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$t_{cp}, ^\circ C$	-8,3	-8,2	-3,5	2,3	8,9	14,1	17,1	15,0	10,0	3,8	-1,8	-5,6	3,6
норма, $^\circ C$	-11,4	-9,9	-4,4	1,4	8,3	13,5	16,0	14,0	8,8	3,3	-2,5	-7,6	2,5
Отклонение от нормы, $^\circ C$	3,1	1,7	0,9	0,9	0,6	0,6	1,1	1,0	1,2	0,5	0,7	2,0	1,1

ОГМС Калевала

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$t_{cp}, ^\circ C$	-10,9	-10,7	-5,9	0,0	6,7	12,8	15,9	13,3	8,2	2,0	-3,6	-7,8	1,7
норма, $^\circ C$	-13,7	-12,7	-7,3	-1,2	5,6	12,4	15,2	12,3	7,0	1,4	-5,1	-10,6	0,3
Отклонение от нормы, $^\circ C$	2,8	2,0	1,4	1,2	1,1	0,4	0,7	1,0	1,2	0,6	1,5	2,8	1,4

МС Сортавала

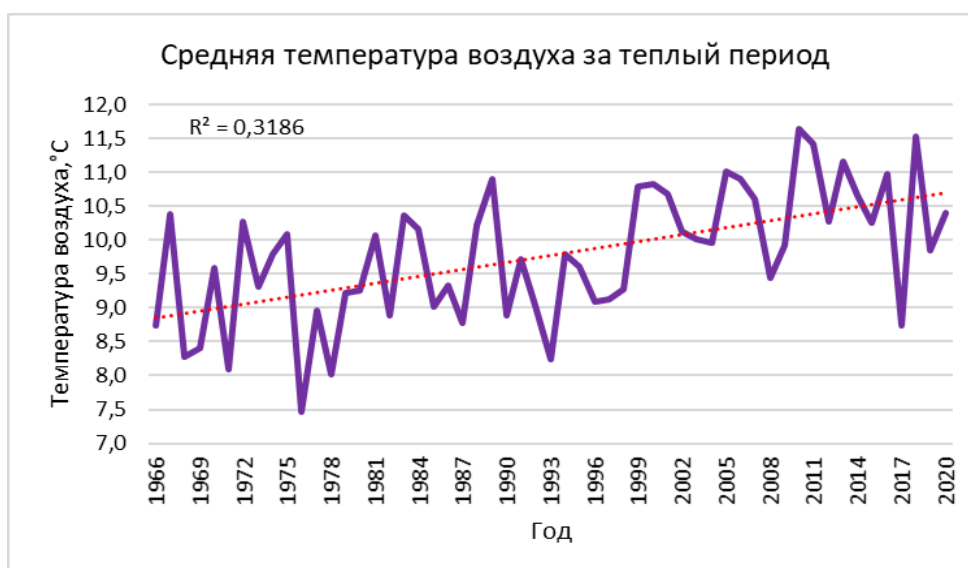
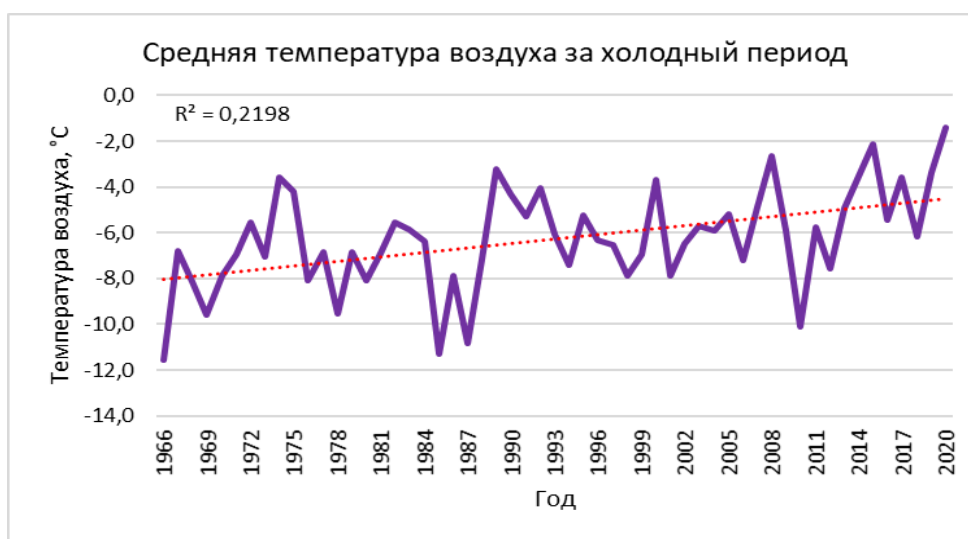
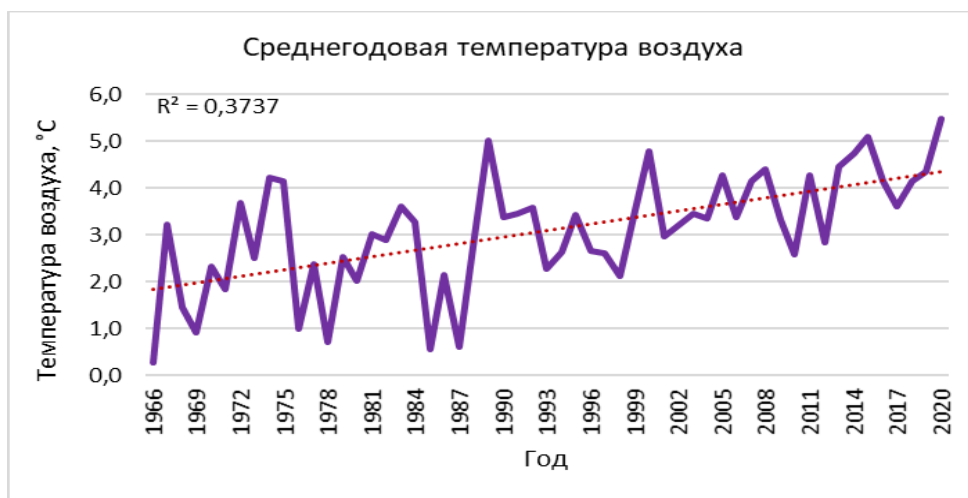
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$t_{cp}, ^\circ C$	-7,2	-7,4	-3,2	2,6	9,1	14,2	17,4	15,6	10,5	4,6	-0,4	-4,1	4,3
норма, $^\circ C$	-10,3	-9,4	-4,6	1,6	8,5	13,9	16,5	14,6	9,3	4,2	-1,3	-6,6	3,0
Отклонение от нормы, $^\circ C$	3,1	2,0	1,4	1,0	0,6	0,3	0,9	1,0	1,2	0,4	1,1	2,5	1,3

МС Зашеек

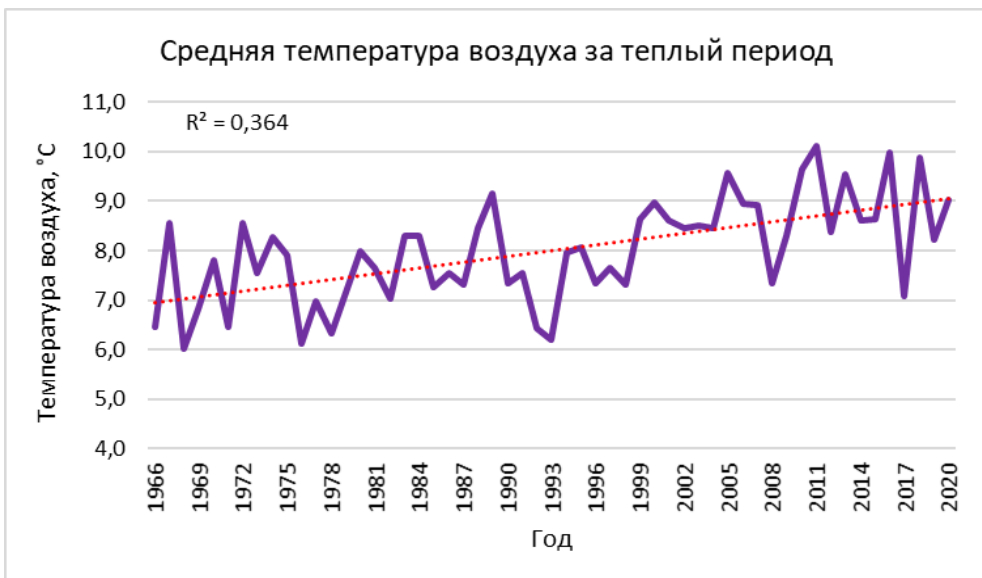
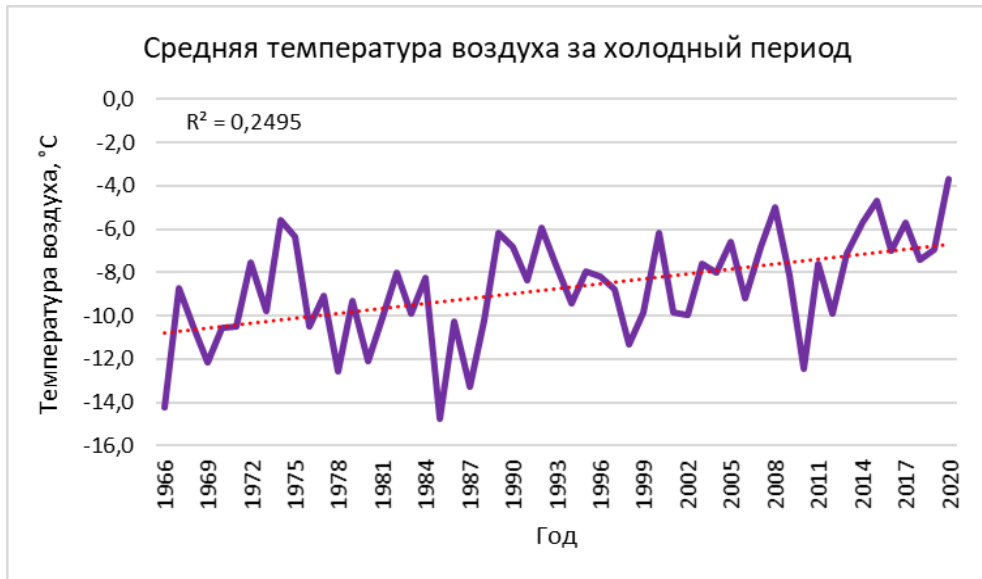
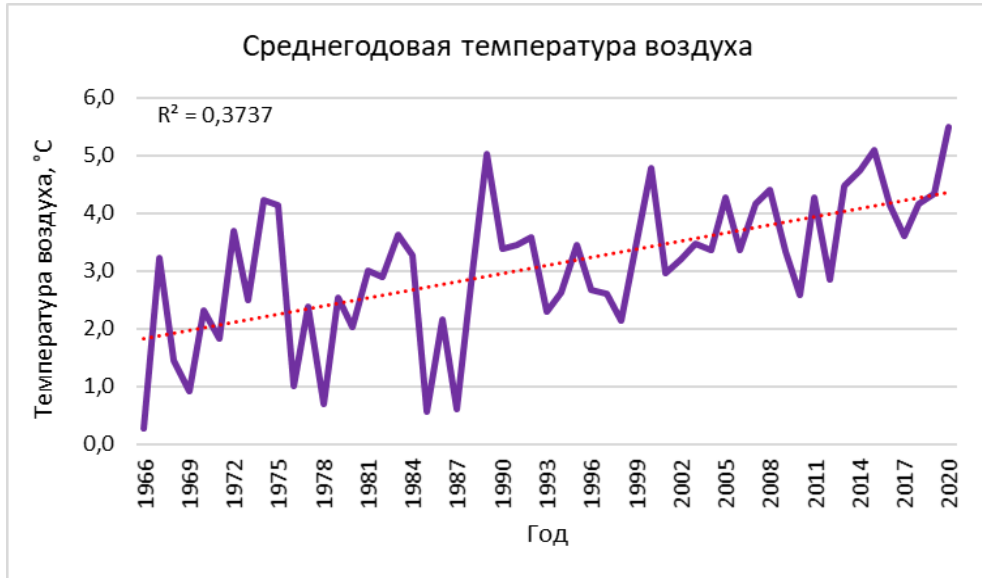
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$t_{cp}, ^\circ C$	-10,8	-10,7	-6,2	-0,6	5,1	11,7	15,3	13,2	8,2	2,2	-3,1	-7,2	1,4
норма, $^\circ C$	-13,4	-12,7	-7,3	-1,6	4,5	11,0	14,8	12,4	7,4	1,6	-4,5	-10,1	0,2
Отклонение от нормы, $^\circ C$	2,6	2,0	1,1	1,0	0,6	0,7	0,5	0,8	0,8	0,6	1,4	2,9	1,2

ПРИЛОЖЕНИЕ В - хронологические графики среднегодовых температур воздуха и средних температур воздуха за теплый и холодный периоды года.

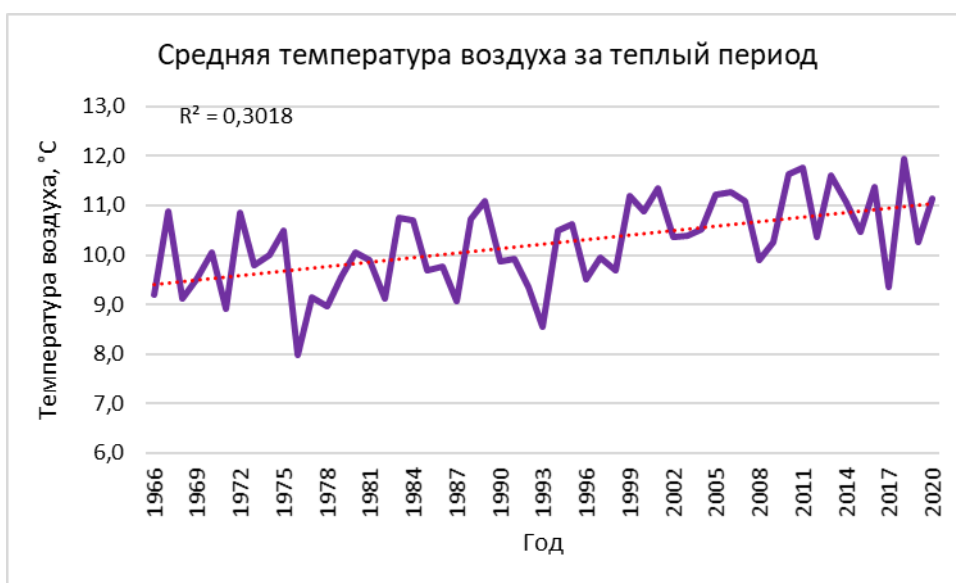
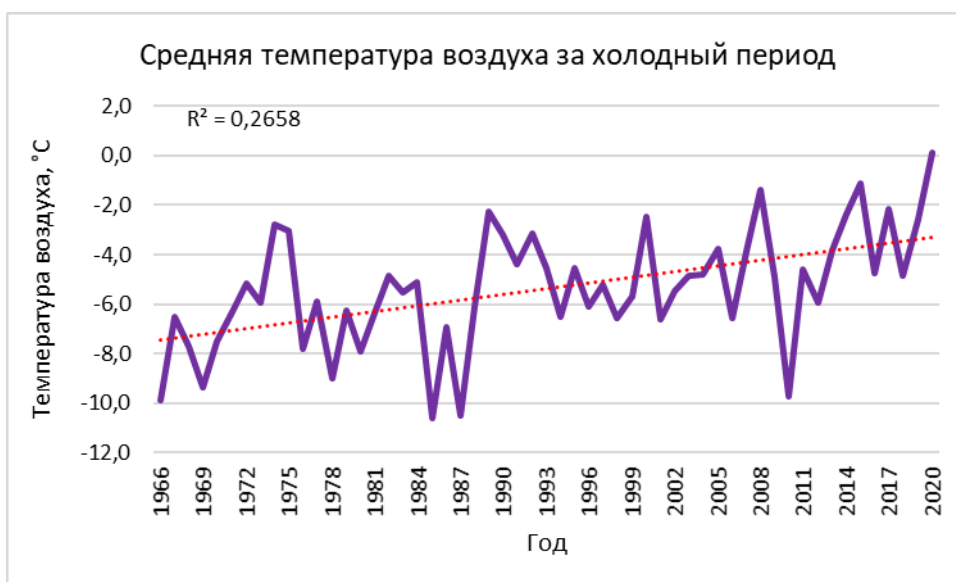
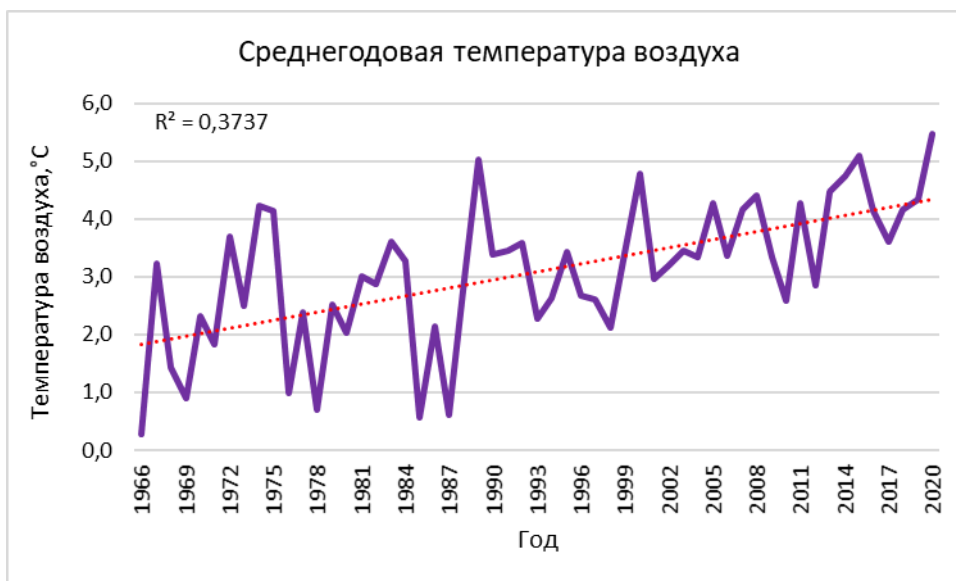
ОГМС Петрозаводск



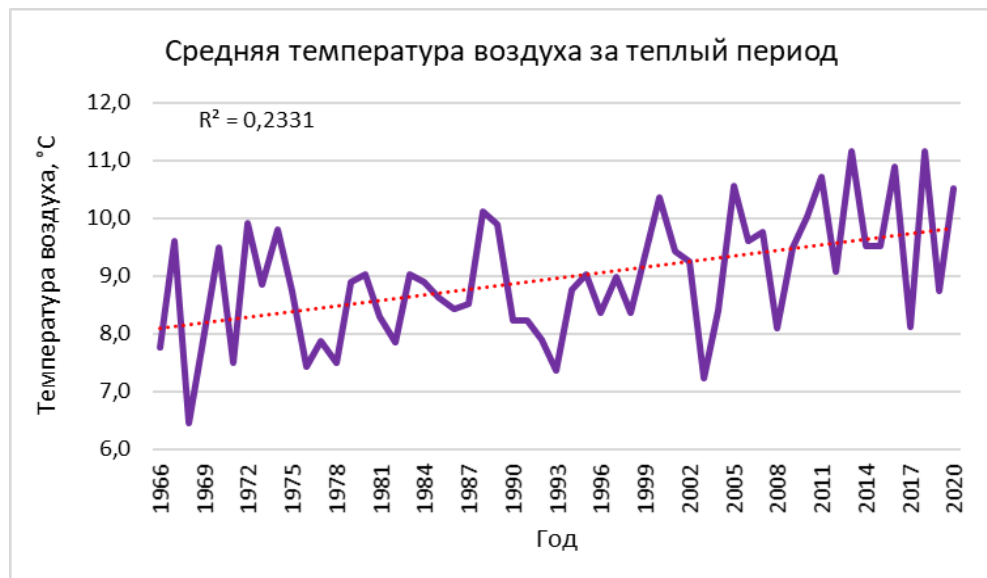
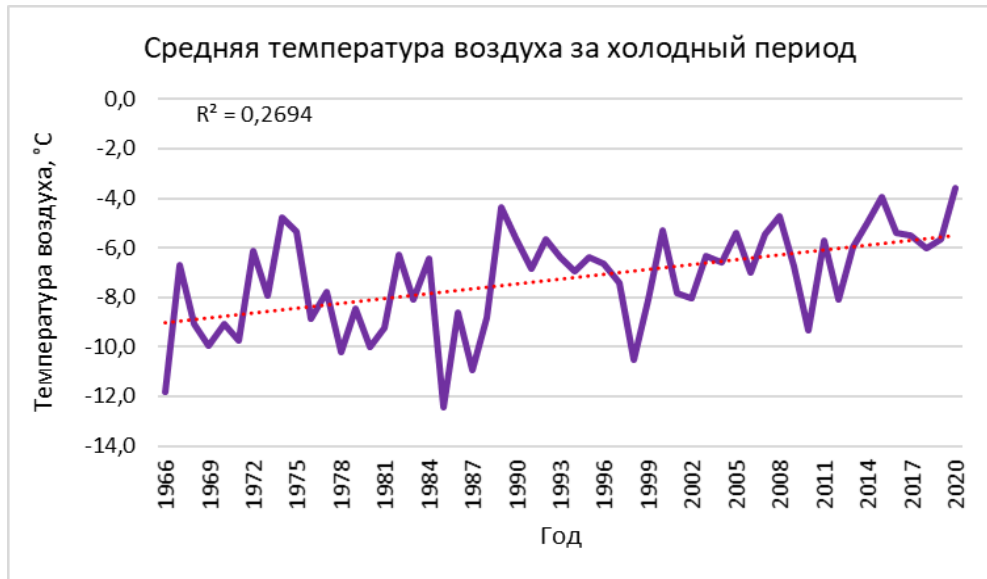
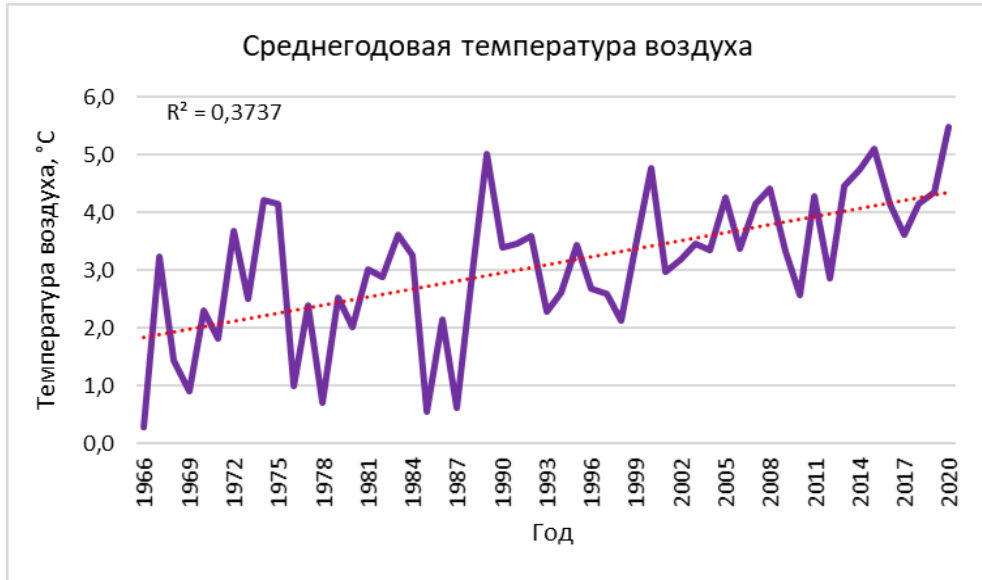
ОГМС Калевала



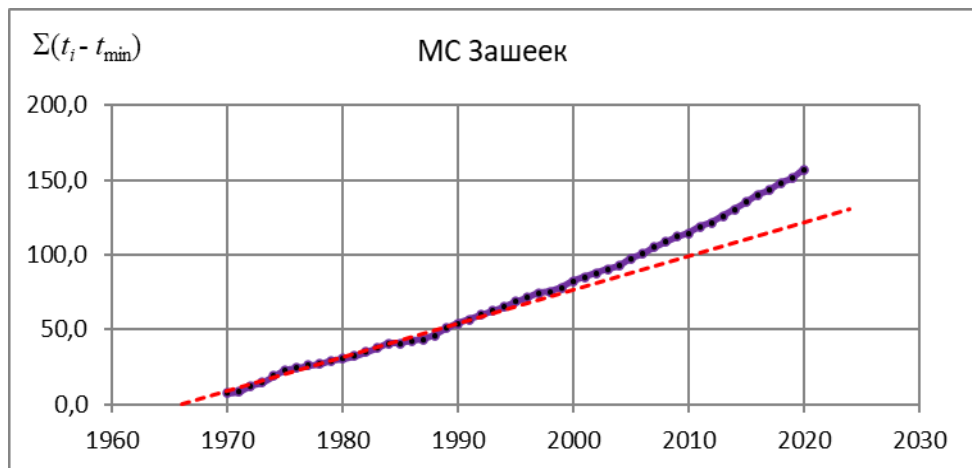
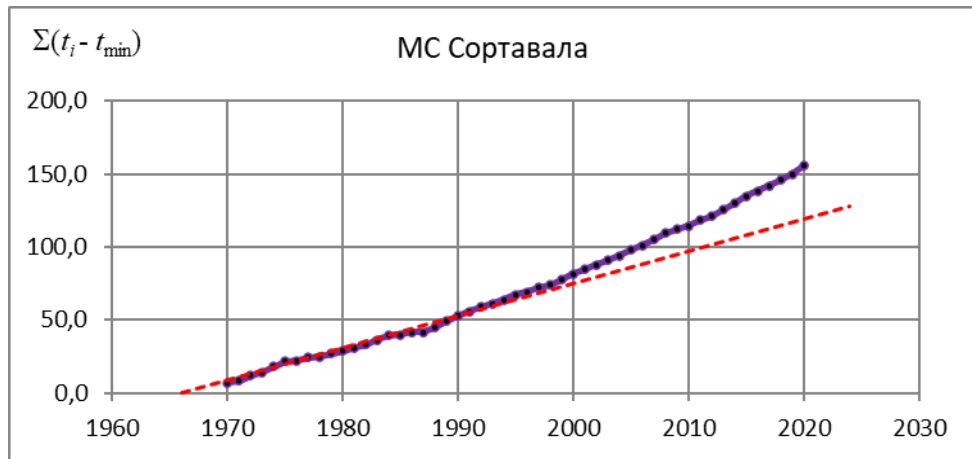
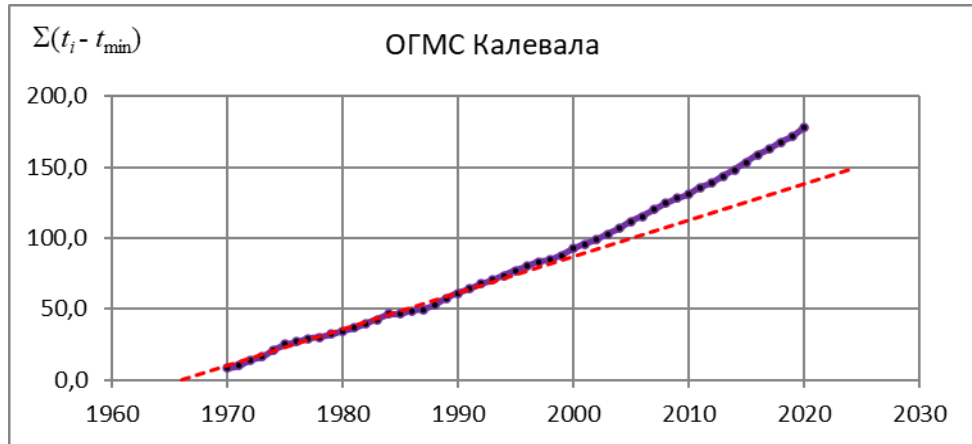
МС Сортавала



МС Зашеек

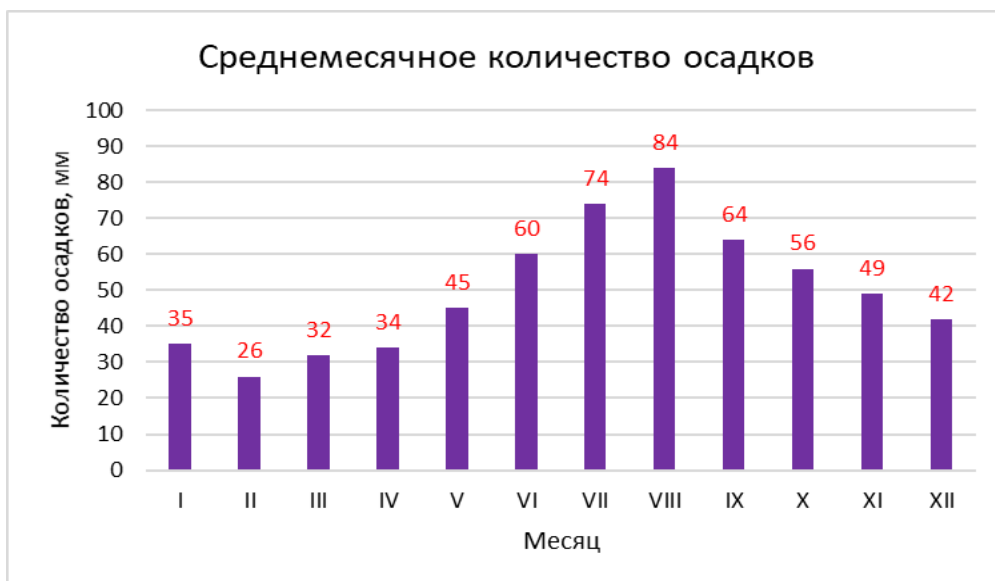


ПРИЛОЖЕНИЕ Г – интегральные кривые средних годовых температур воздуха

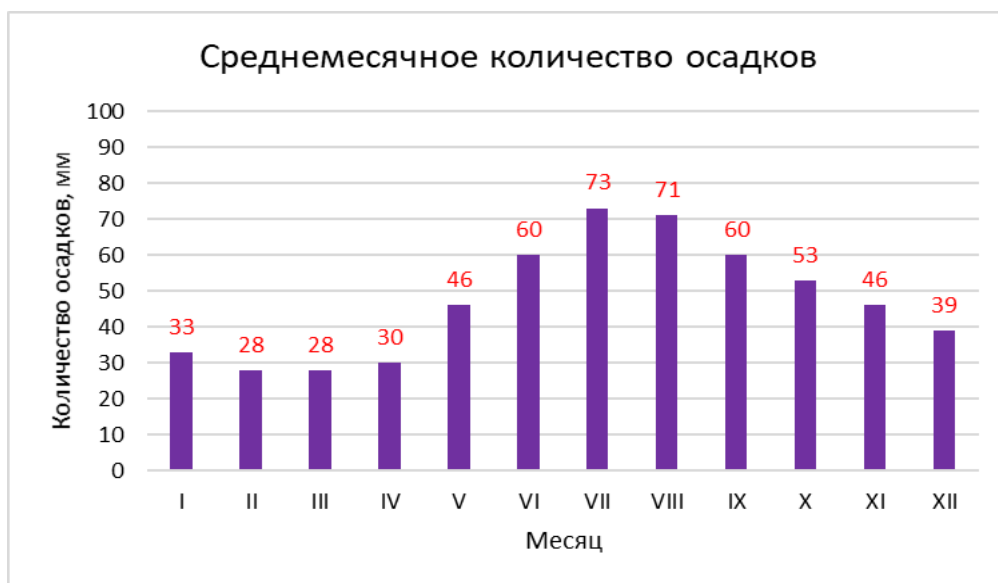


ПРИЛОЖЕНИЕ Д – средние многолетние суммы атмосферных осадков по месяцам

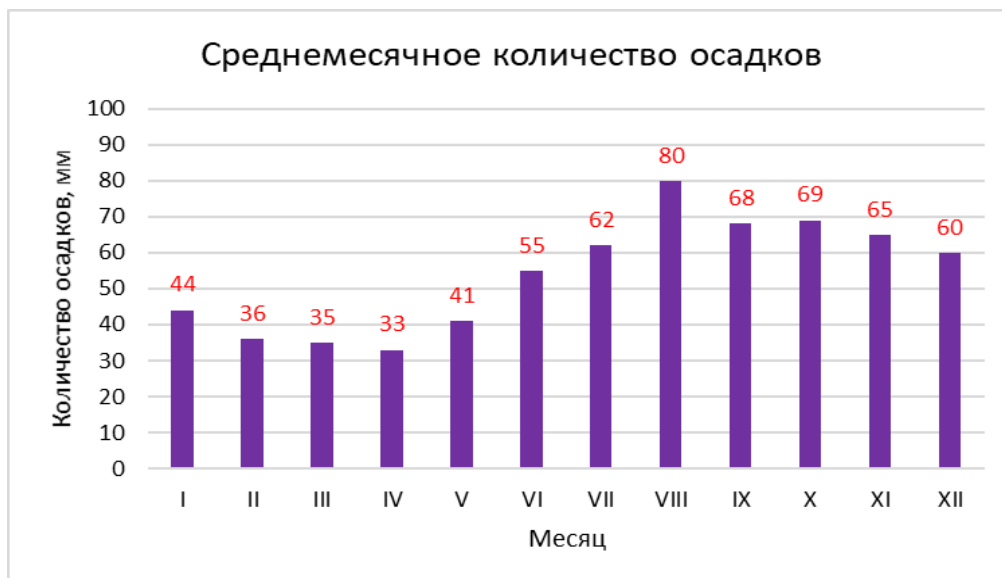
ОГМС Петрозаводск



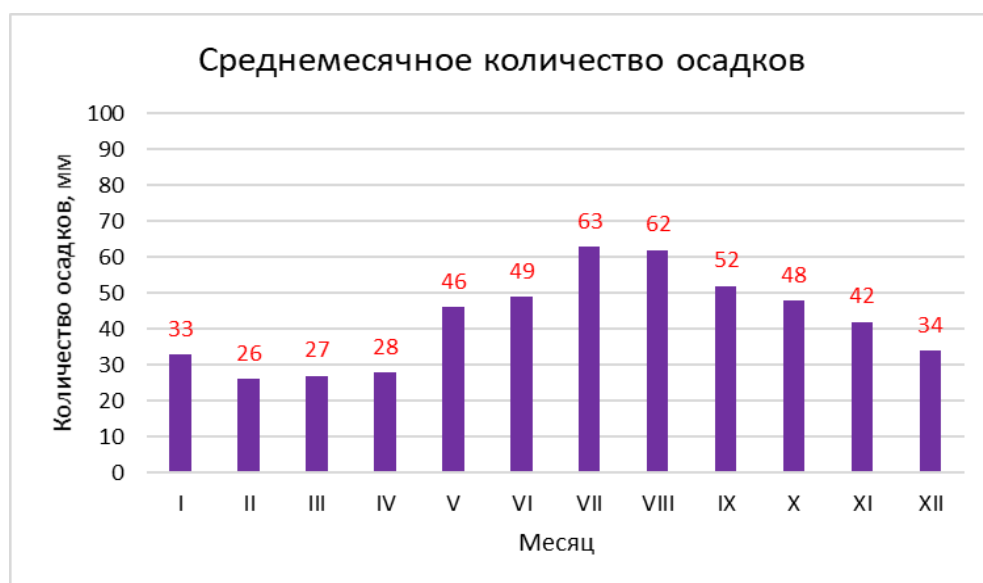
ОГМС Калевала



МС Сортавала



МС Зашеек



ПРИЛОЖЕНИЕ Е – хронологические графики сумм осадков за год, теплый и холодный период

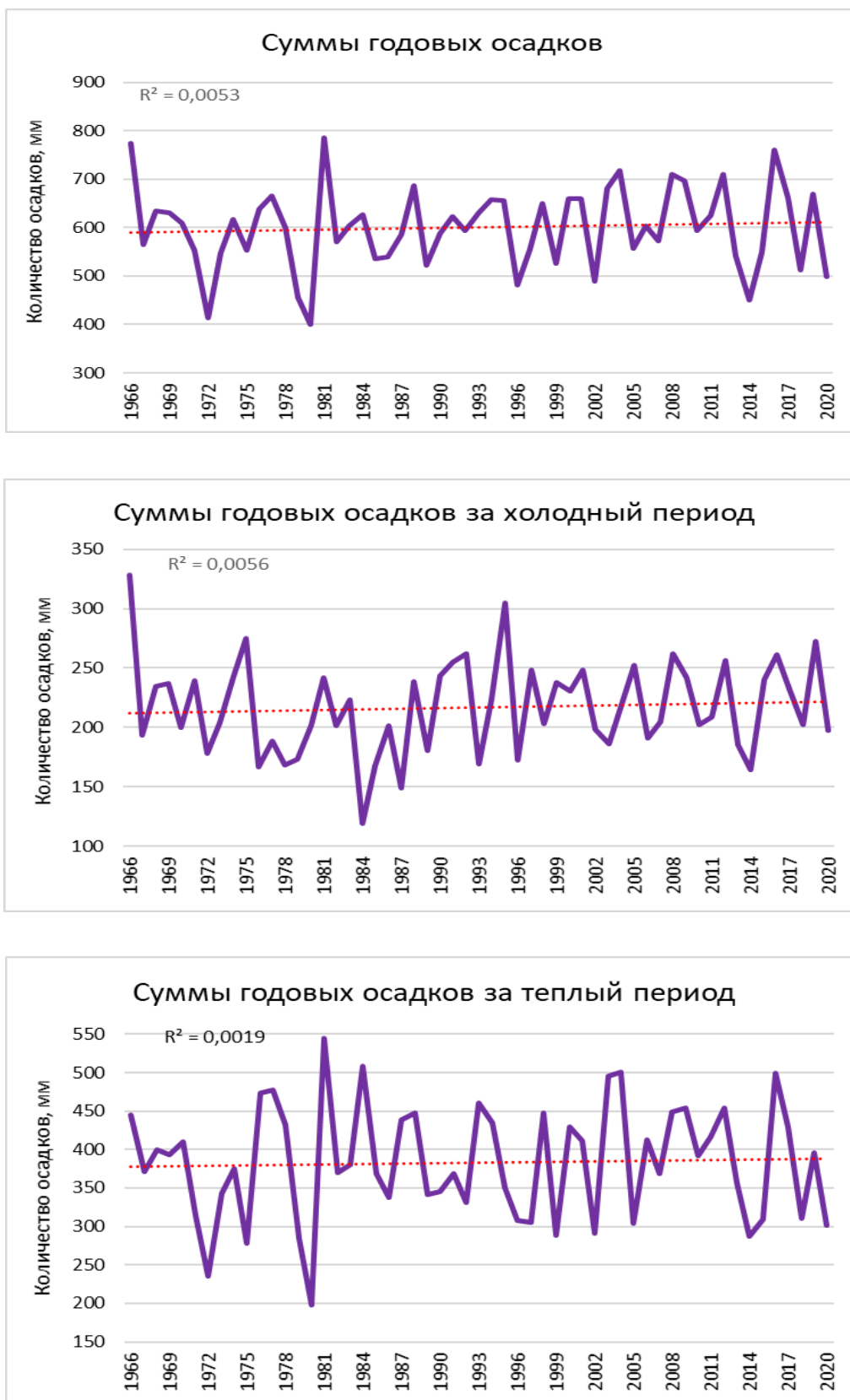


Рисунок Д.1 – Суммы осадков за год, холодный период и теплый период; ОГМС Петрозаводск.

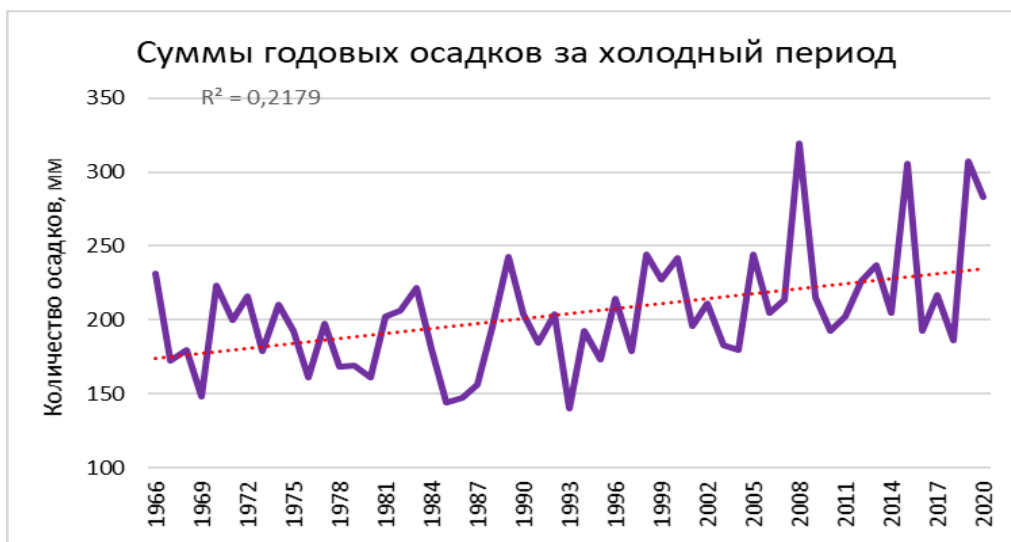
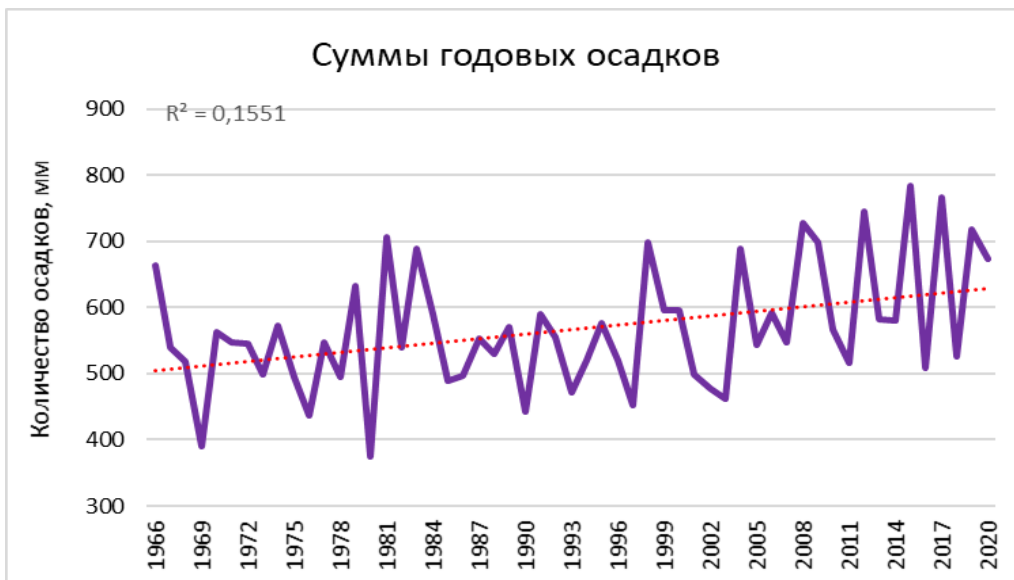


Рисунок Д.2 – Суммы осадков за год, холодный период и теплый период; ОГМС Калевала.

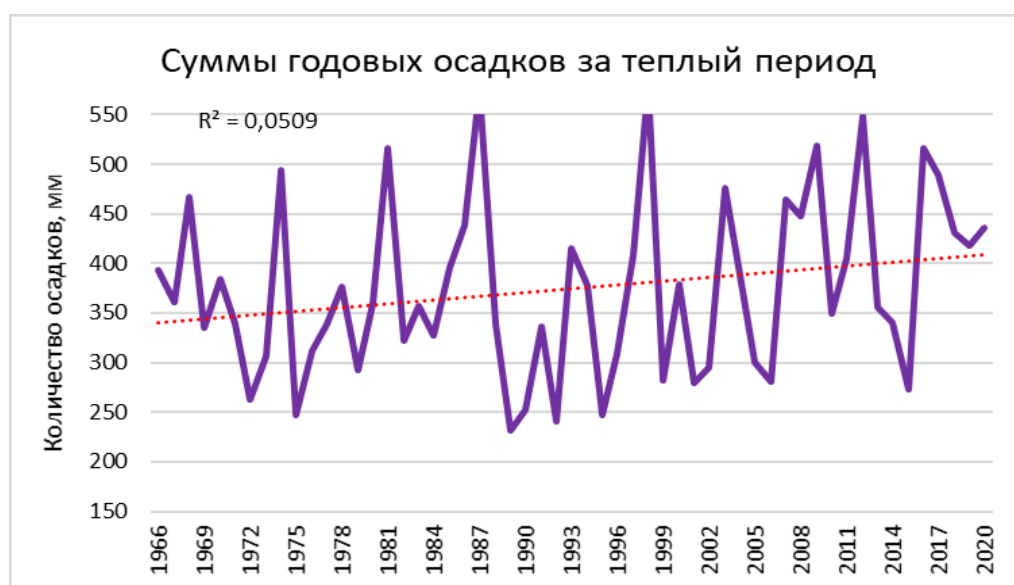
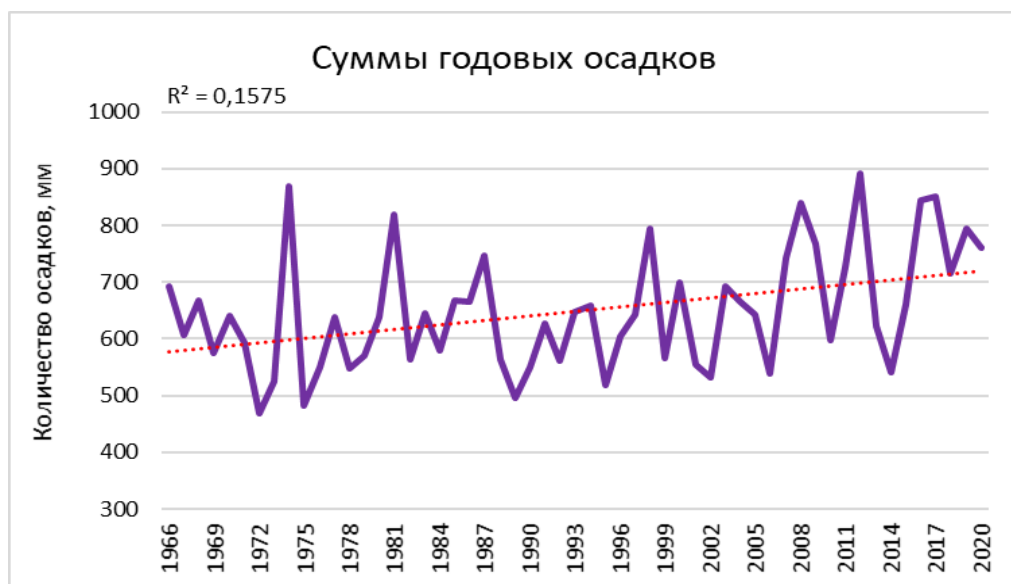
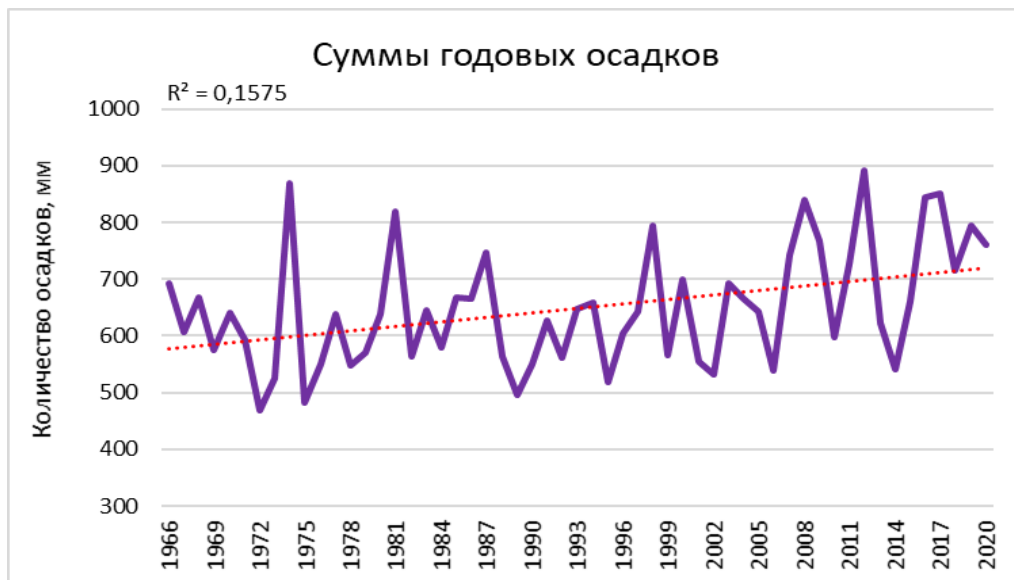


Рисунок Д.3 – Суммы осадков за год, холодный период и теплый период; МС Сортавала.

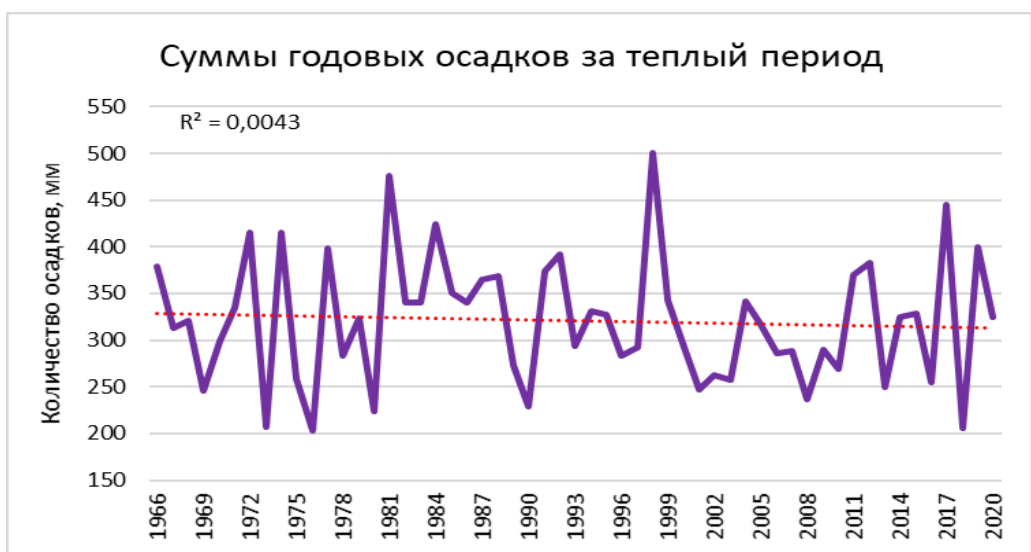


Рисунок Д.4 – Суммы осадков за год, холодный период и теплый период; МС Зашеек.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж – интегральные кривые годовых сумм осадков

