



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение
Высшего Образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)**

**На тему «Оценка современных климатических изменений осадков и
температуры в Санкт-Петербурге»**

Исполнитель Бахчевникова Марина Александровна

**Руководитель доктор технических наук, профессор кафедры МКОА
Лобанов Владимир Алексеевич**

**«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой**

Подпись

**Кандидат физико-математических наук, доцент
Сероухова Ольга Станиславовна**

« 07 » 06 2020г.

Санкт-Петербург
2020

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Физико-географические особенности территории	5
1.1. Физико-географическая характеристика Санкт-Петербурга	5
1.2. Климат Санкт-Петербурга и прилегающего региона.....	5
1.3. Установленные пространственные климатические закономерности температуры воздуха	8
1.4. Установленные пространственные климатические закономерности осадков	11
Глава 2. Климатические особенности изменения температуры воздуха и осадков теплого периода в Санкт-Петербурге.....	14
2.1. Оценка изменения температуры теплого полугодия	14
2.2. Оценка изменения осадков теплого сезона.....	18
Глава 3. Климатические особенности изменения температуры воздуха и осадков холодного периода в Санкт-Петербурге.	21
3.1. Оценка изменения температуры холодного полугодия.....	21
3.2. Оценка изменения осадков холодного полугодия	26
Глава 4. Климатические особенности изменения температуры воздуха и осадков теплого периода в регионе.....	31
4.1. Оценка изменения температуры теплого полугодия	31
4.2. Оценка изменения осадков теплого полугодия	38
Глава 5. Климатические особенности изменения температуры воздуха и осадков холодного периода в регионе	44
5.1. Оценка изменения температуры холодного полугодия.....	44
5.2. Оценка изменения осадков холодного полугодия	49
Заключение (выводы)	Ошибка! Закладка не определена.
Список использованной литературы:.....	56

Введение

Погода является комплексом мгновенных состояний естественных процессов в атмосфере, как температура воздуха, осадки, скорость ветра, влажность и атмосферное давление.

Под климатом понимают многолетнее состояние погоды, которое сохраняется в течение как минимум нескольких десятилетий. Современный климат изменяется и эти изменения климатического режима необходимо исследовать.

Для оценки естественных климатических характеристик, температуры воздуха и осадков Санкт-Петербурга и их изменений в данной бакалаврской работе необходимо не только выполнить исследование и статистические моделирования для Санкт-Петербурга, но и сопоставить данные по городу с данными климатических характеристик, температуры воздуха и осадков в регионе, так как город Санкт-Петербург является крупным мегаполисом, у которого сформированы особые микроклиматические условия. На формирование микроклимата города, помимо природных условий, оказывают влияние факторы, созданные городской застройкой, асфальтовым покрытием, функционированием автотранспорта, теплоэлектростанций, промышленными и другими предприятиями.

Для достижения поставленной цели были использованы многолетние данные по 11 метеорологическим станциям: Санкт-Петербург, Сортавала, Таллин, Тарту, Хельсинки, Псков, Петрозаводск, Лаппеенранта, Вытегра, Вологда, Великие Луки.

Для оценки современного изменения климата по полученным данным с метеостанций, которые были указаны ранее, были решены следующие задачи:

-формирование базы данных за длительный период среднемесячных температур воздуха и осадков;

-анализ однородности эмпирических распределений и стационарности параметров исходных рядов наблюдений по статистическим критериям;

-восстановление пропусков наблюдений и приведение ряда наблюдений к многолетнему периоду;

- определение средних многолетних значений и средних квадратических отклонений по рядам наблюдений и получение их пространственных распределений;

-оценка текущих климатических изменений температуры воздуха и осадков с использованием трех моделей: модели стационарной выборки, модели линейного тренда и модели ступенчатых изменений;

-осуществление пространственных обобщений показателей динамики изменений и их отклонений от стационарной модели;

-сравнение полученных результатов по изменениям климатических характеристик в Санкт-Петербурге с результатами в пунктах на прилегающей территории.

Глава 1. Физико-географические особенности территории

1.1. Физико-географическая характеристика Санкт-Петербурга

Санкт-Петербург расположен на Северо-Западе Российской Федерации, в пределах Приневской низменности.

Занимая прилегающее к устью реки Невы побережье Невской губы Финского залива и многочисленные острова Невской дельты, город протянулся с северо-запада на юго-восток на 90 км. Высота города над уровнем моря по районам: центральный — 1-5 м, север города — 5-30 м, юг и юго-запад — 5-22 м. Самым высоким местом в черте города являются Дудергофские высоты с максимальной высотой 176 м. [2]

Общая протяжённость всех водотоков на территории Санкт-Петербурга достигает 282 км, занимая территорию около 7%. Главная водная магистраль в городе — река Нева, которая впадает в Невскую губу Финского залива, относящегося к Балтийскому морю. Всего в городе около 90 различных рек, протоков, рукавов, каналов. [11]

1.2. Климат Санкт-Петербурга и прилегающего региона

Город Санкт-Петербург располагается в умеренном климатическом поясе возле границы Атлантико-арктической и Атлантико-континентальной области умеренного климатического пояса. [1]

Расположение города Санкт-Петербург показано на рисунке 1.2.1.

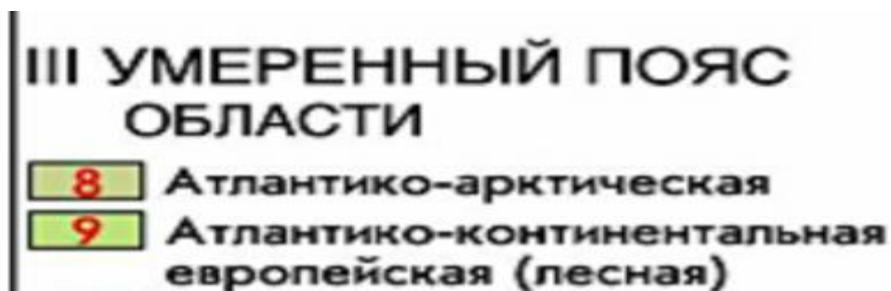
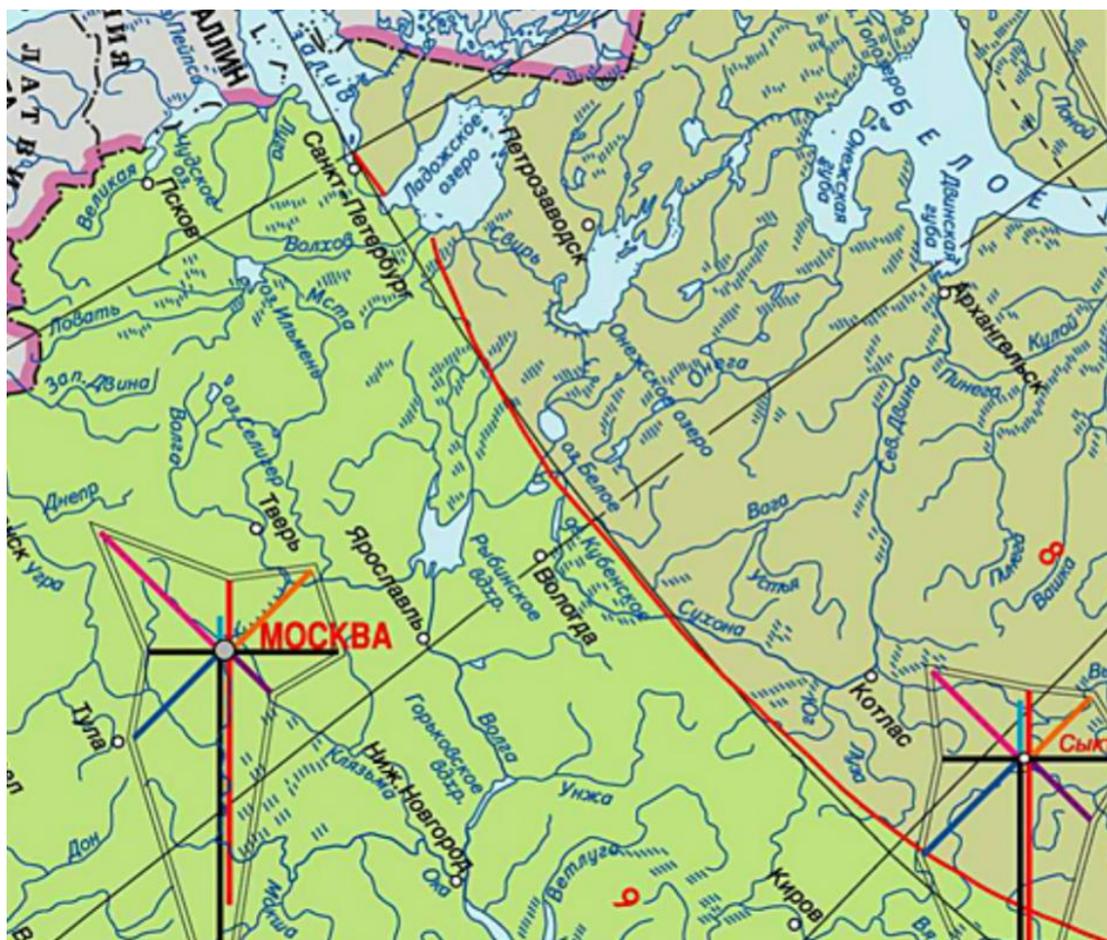


Рисунок 1.2.1. Расположение Санкт-Петербурга в климатическом поясе

Сам город и его окрестности относятся к атлантико-континентальной области умеренного пояса. Климат Санкт-Петербурга обладает чертами континентального, городу присуще умеренно мягкая зима и умеренно теплое лето.

Климат прилегающей территории является умеренным, переходным от умеренно континентального к умеренно морскому. Это обуславливается относительно невысоким количеством поступающего на земную поверхность и в атмосферу солнечного тепла. [13]

По классификации климата Кёппена он классифицируется как влажный континентальный (рис.1.2.2).

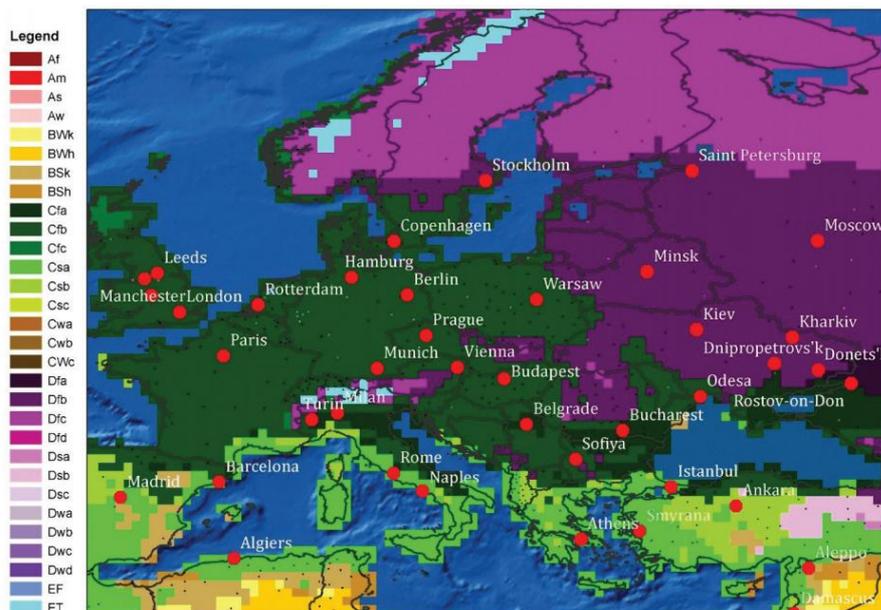


Рисунок 1.2.2. Классификация климатов Кёппена для рассматриваемой территории

Влияние циклонов Балтийского моря даёт жаркое, влажное и короткое лето и длинную, холодную сырую зиму.

Суммарный приток солнечной радиации здесь в 1,5 раза меньше, чем на юге Крыма, и меньше в 2 раза, чем в Узбекистане. [10] По средним показателям в году 62 солнечных дня, поэтому в году преобладают дни с пасмурной и облачной погодой. Продолжительность дня меняется от 5 часов 51 минуты 22 декабря до 18 часов 50 минут 22 июня. В городе наблюдаются так называемые Белые ночи (период около 50 дней, начинающийся двадцать пятого мая), когда солнце опускается за горизонт не более чем на 9° и вечерние сумерки практически сливаются с утренними. Суммарная солнечная радиация в среднем уменьшается на 21 %, а прямой солнечной радиации на 60 % под влиянием облачности. Санкт-Петербургу свойственна частая смена воздушных масс, в большей степени под влиянием циклонов. Летом преобладают западные и северо-западные ветры, зимой — западные и юго-западные.

1.3. Установленные пространственные климатические закономерности температуры воздуха

Расположение выбранных метеостанций в рассматриваемом регионе показано на рис.1.3.1.

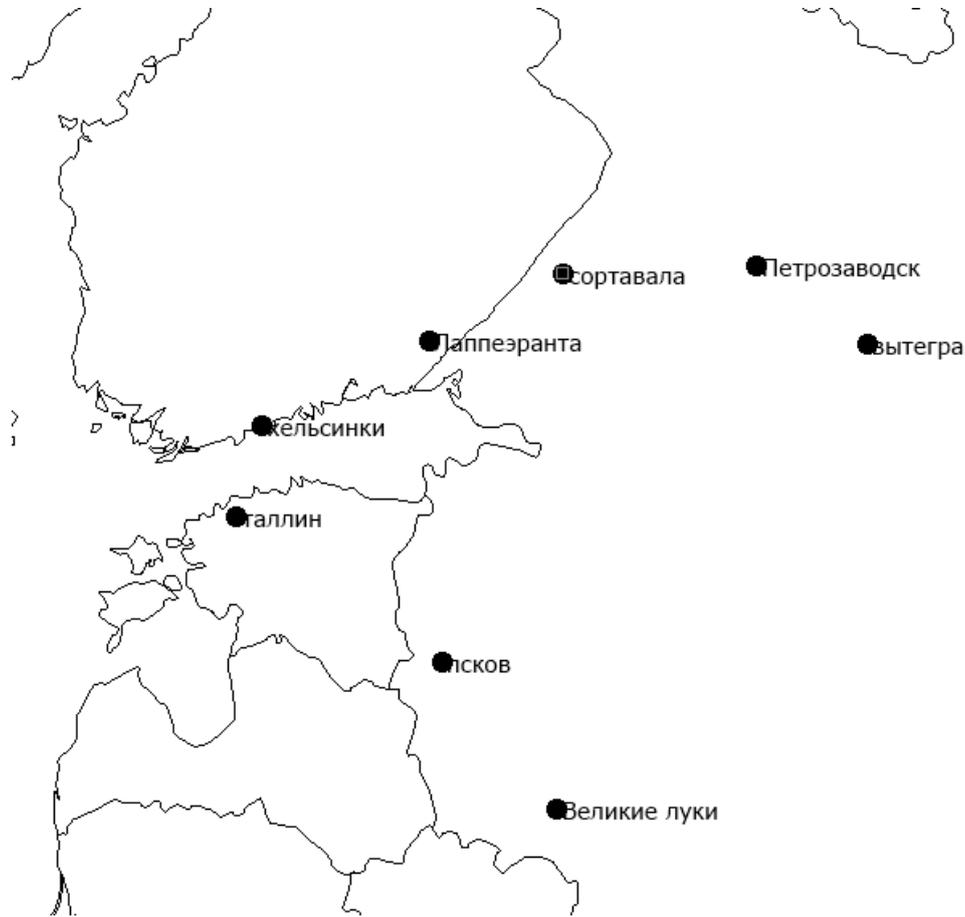


Рисунок 1.3.1 Расположение станций метеорологических наблюдений

На основе рядов наблюдений рассчитаны средние многолетние их значения за 4 характерные месяца всех четырех сезонов года за период 1900 - 2018 гг. и их пространственные распределения приведены на рис.1.3.2 – 1.3.5.

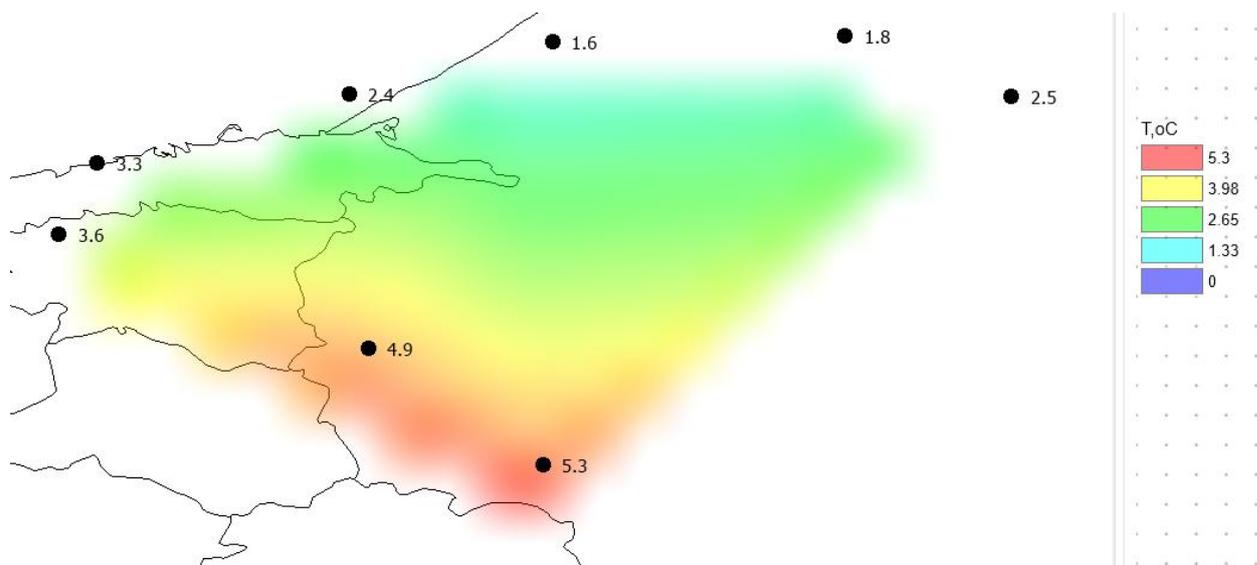


Рисунок 1.3.2 Пространственное распределение многолетних температур апреля.

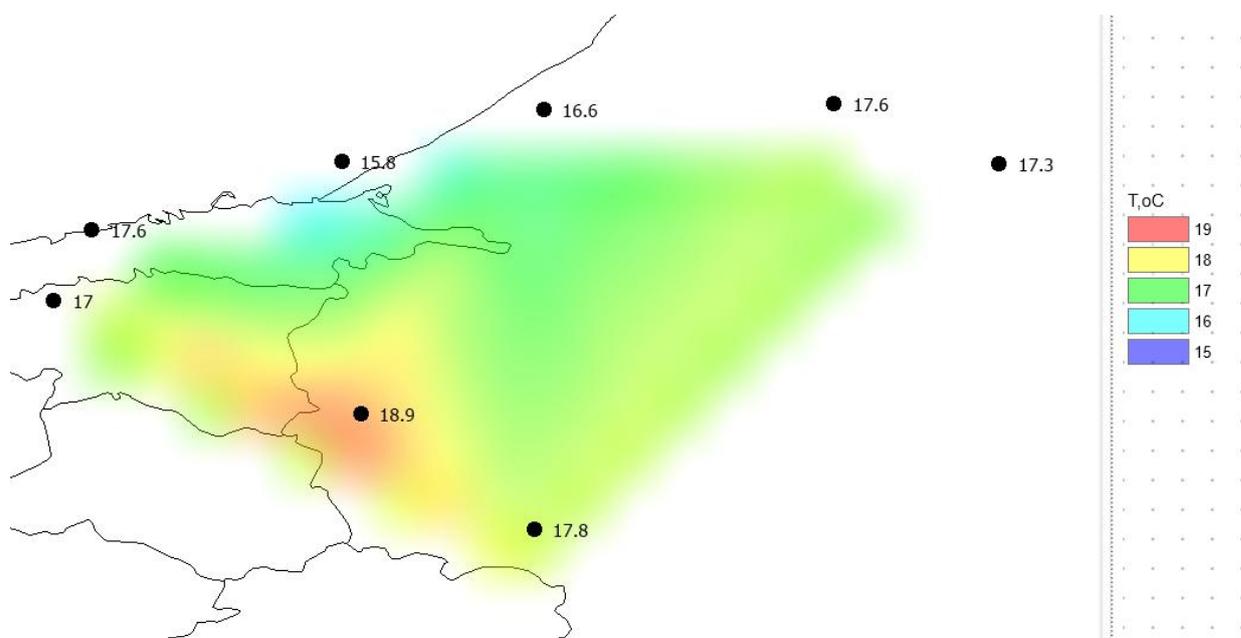


Рисунок 1.3.3 Пространственное распределение многолетних температур июля.

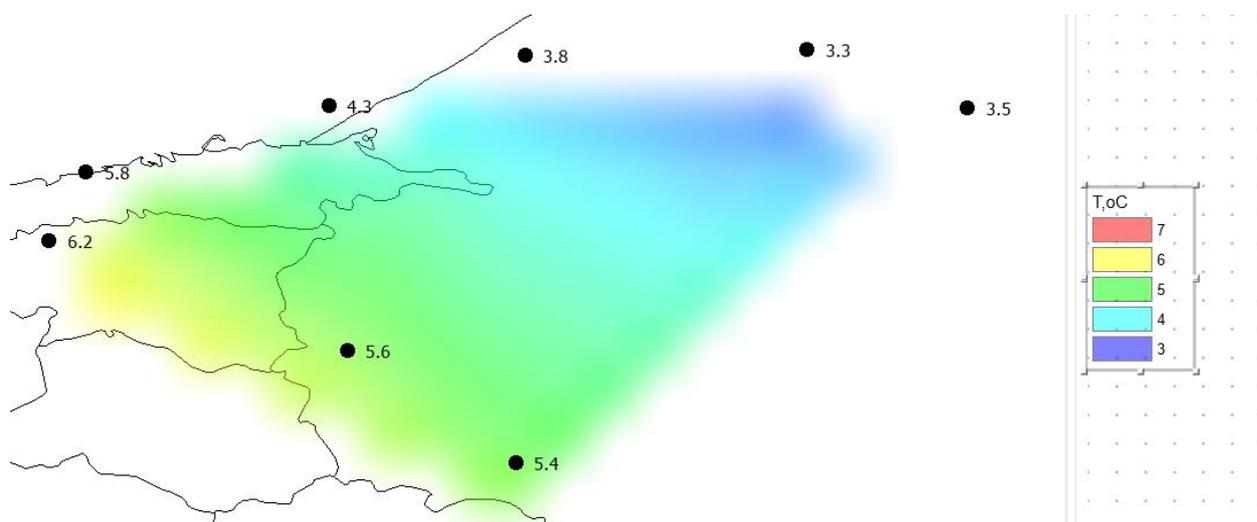


Рисунок 1.3.4 Пространственное распределение многолетних температур октября.

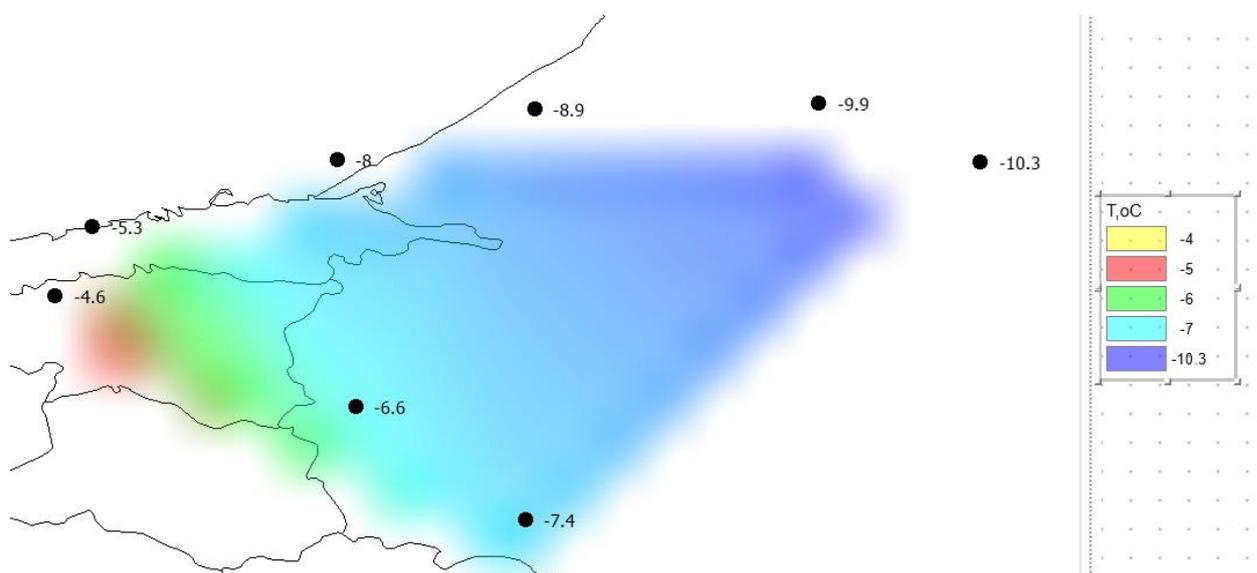


Рисунок 1.3.5 Пространственное распределение многолетних температур января.

Как следует из пространственных распределений температур Северо-Западного региона, Санкт-Петербург не выделяется своими климатическими особенностями на фоне общих территориальных закономерностей. Температуры апреля по территории имеют хорошо выраженную зональность и убывают с юга на север. Температуры июля также убывают с юга и на север, и к побережью Балтийского моря, что характеризует разницу нагрева суши и моря летом. Осенью температуры убывают закономерно с юго-запада

на северо-восток, а зимой имеет место не широтное, а долготное распределение температур, когда наибольшие из них наблюдаются на западе территории, а наименьшие на востоке.

1.4. Установленные пространственные климатические закономерности осадков

Для многолетних рядов наблюдений месячных сумм осадками за весь период наблюдений также были рассчитаны средние многолетние значения и их пространственные распределения приведены на рис.1.4.1 – 1.4.4.

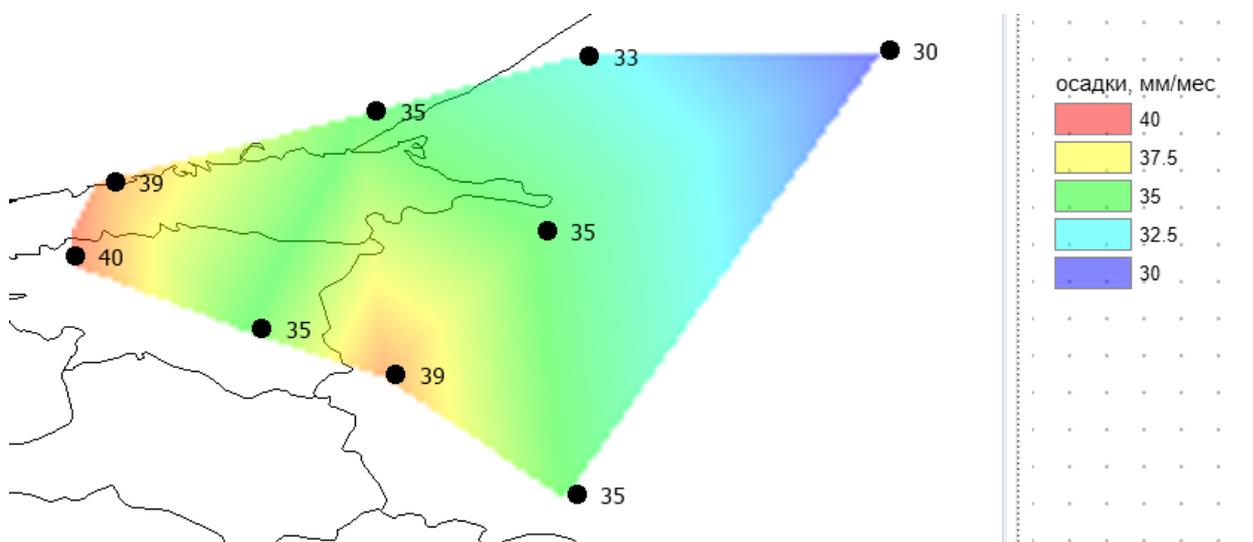


Рисунок 1.4.1. Пространственное распределение многолетних осадков апреля.

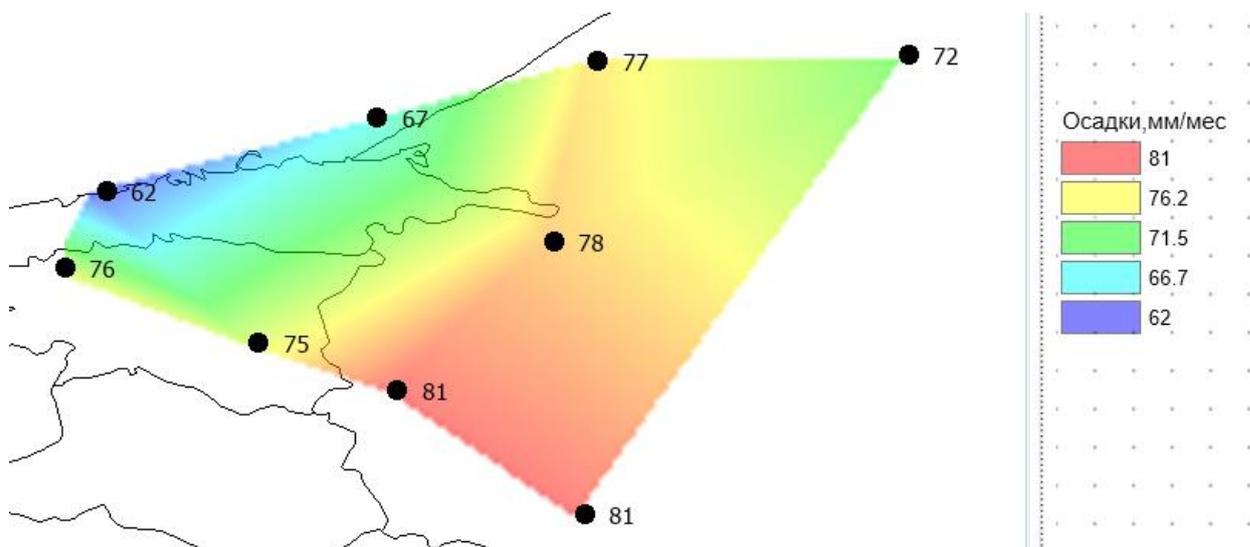


Рисунок 1.4.2. Пространственное распределение многолетних осадков июля.

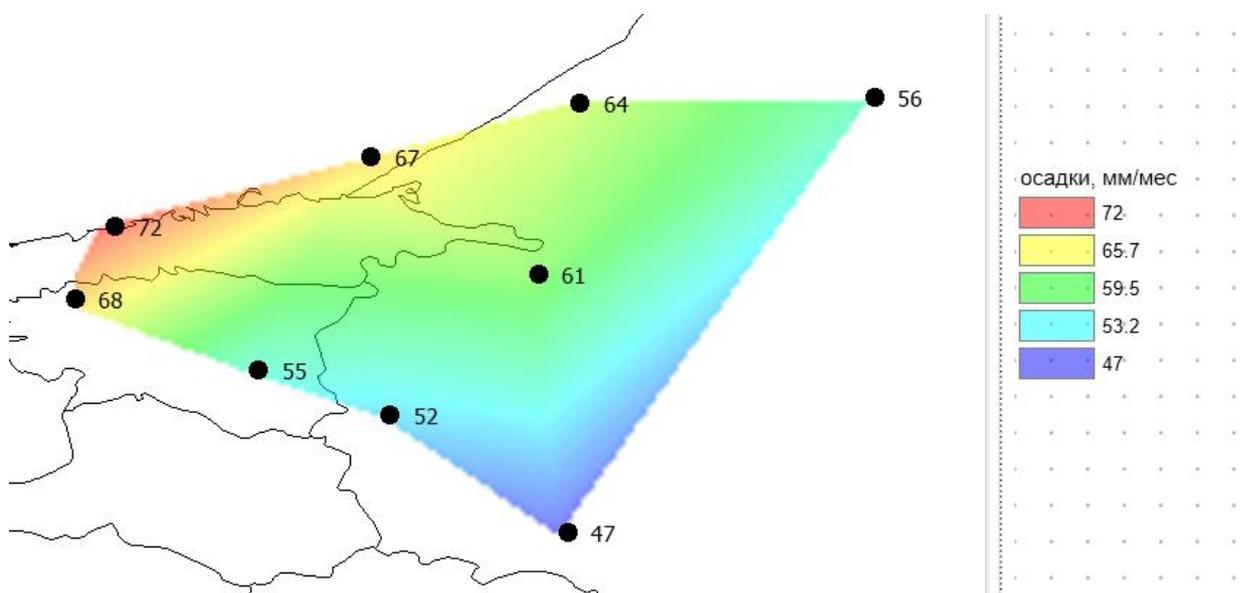


Рисунок 1.4.3. Пространственное распределение многолетних осадков октября.

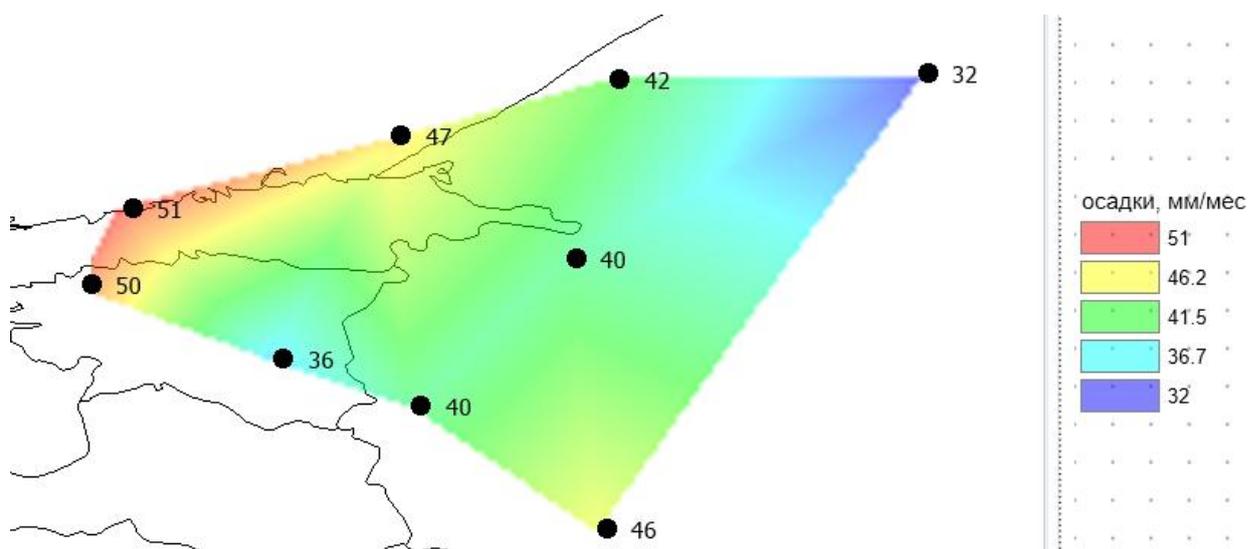


Рисунок 1.4.4. Пространственное распределение многолетних осадков января.

Как следует из анализа пространственных распределений средних многолетних осадков в характерные месяцы года наиболее характерным для данной территории является пространственное распределение осадков октября, которые убывают с северо-запада на юго-восток и свидетельствуют о том, что осадков вблизи Балтийского моря больше, чем на внутренней материковой части. В декабре территориальный минимум осадков на северо-востоке и юге территории и около моря их также больше. Аналогичная ситуация и в апреле, когда территория хорошо делится на 2 части: западную у моря, где больше осадков и восточную более континентальную с меньшим количеством осадков. В июле же получилось больше осадков на юго-востоке и меньше на северо-западе. Из рассмотрения карт также следует, что Санкт-Петербург не выделяется какими-либо особенностями в количестве осадков в разные месяцы года от остальной территории.

Глава 2. Климатические особенности изменения температуры воздуха и осадков теплого периода в Санкт-Петербурге

2.1. Оценка изменения температуры теплого полугодия

Начало наблюдений за температурой в Санкт-Петербурге относится к 1743 году и ход среднегодовой температуры представлен на рис. 2.1.1.

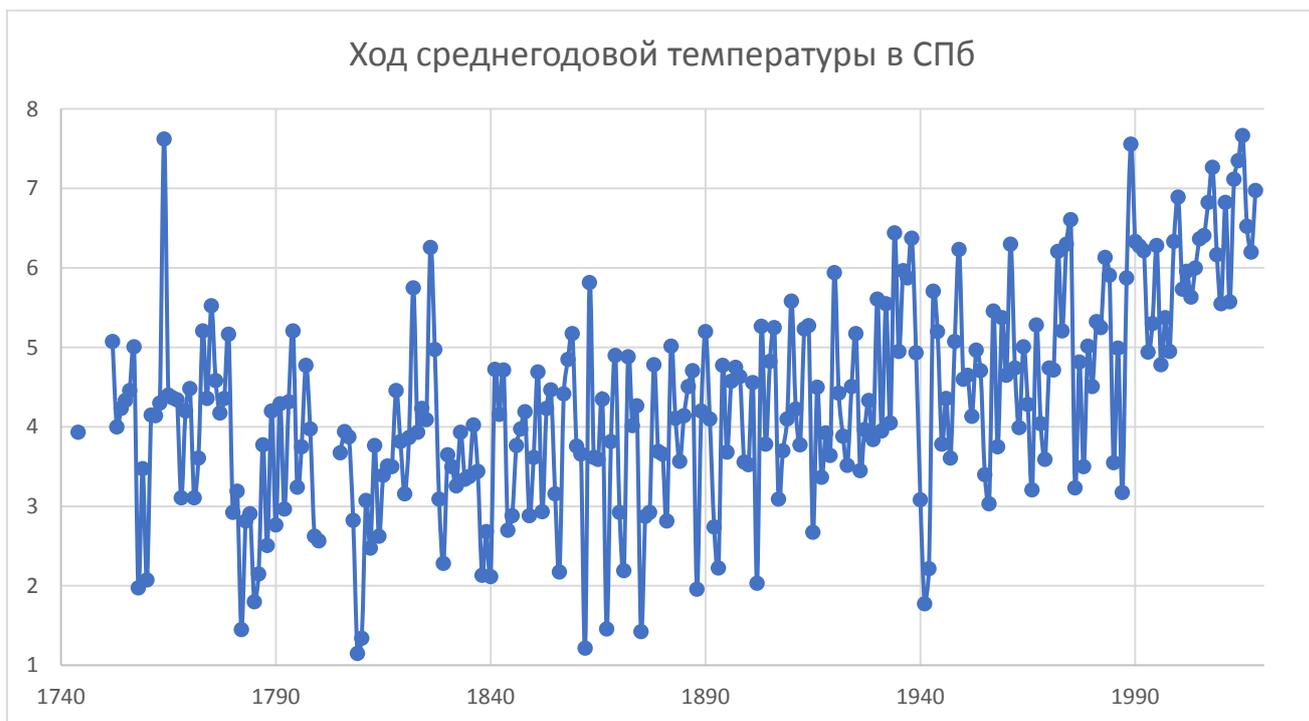


Рисунок 2.1.1. Многолетний ряд среднегодовой температуры в Санкт-Петербурге.

Как видно из рис. 2.1.2 наблюдается тренд роста средней годовой температуры, который начинается со второй половины 20 века.

Внутригодовое климатическое распределение среднемесячной температуры представлено на рис. 2.1.2.

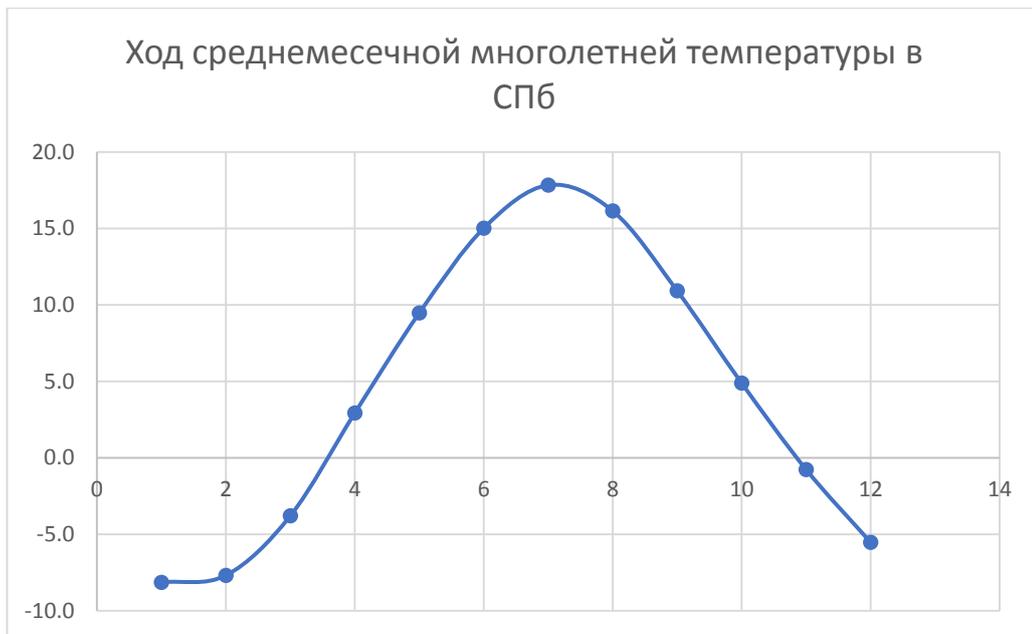


Рисунок 2.1.2 Внутригодовой ход среднемесячной температуры за многолетний период

Как видно из рис. 2.1.2, распределение температур является стандартным, то есть температура, начиная с января, растет к июлю, а после него убывает к январю.

Минимум температуры наблюдается в январе, составляя $-8,1^{\circ}\text{C}$, а максимум в июле, составляя $17,8^{\circ}\text{C}$.

Теперь же рассмотрим температуру теплого сезона (апрель-сентябрь) в городе Санкт-Петербург. Для этого построим многолетний график температуры теплого сезона (рис.2.1.3).

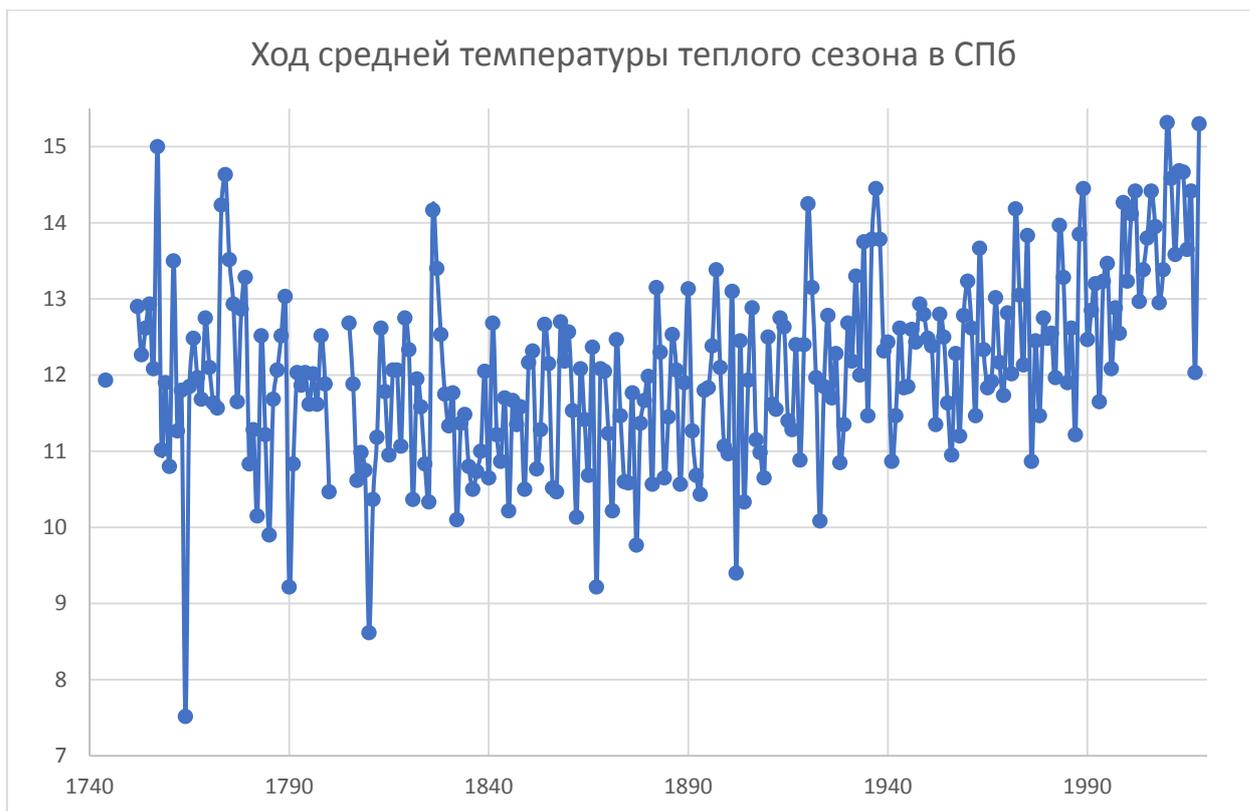


Рисунок 2.1.3 Многолетние колебания температуры теплого сезона в Санкт-Петербурге

График рис. 2.1.3 показывает, что все изменения средней температуры теплого сезона имеет два явных тренда. Первый тренд начинается с 1743 по 1877гг и характеризуется снижением температуры, а второй, с 1877 по 2018гг, характеризуясь тенденцией на увеличение.

Проведем оценку рядов средних температур за теплый сезон на однородность и стационарность при 5% уровне значимости по статистическим критериям Фишера (оценка стационарности дисперсий) и Стьюдента (оценка стационарности средних значений двух частей временного ряда). Для этого была рассмотрена среднемесячная температура следующих месяцев: апрель, май, июнь, июль, август, сентябрь. Разбиение на две части было проведено по 1966 году, т.к. с этого года и далее наблюдается рост температур теплого полугодия. Помимо этих критериев была проведена оценка резко отклоняющихся экстремумов по критериям Диксона. Результаты оценки однородности и стационарности температур месяцев

теплого полугодия приведены в табл.2.1. Знаком «+» показан вывод о принятии гипотезы однородности и стационарности, знаком «-» - гарантированное отклонение гипотезы при уровне значимости равном 1%, а «(+))» - условное принятие гипотезы при уровне значимости от 3% до 5%. [5]

Таблица 2.1

Оценка стационарности и однородности среднемесячных температур
теплого сезона Санкт-Петербурга

Месяц	Диксон	Фишер	Стьюдент	Год
Апрель	+	+	(+)3,9	
Май	+	+	+	
Июнь	+	+	+	
Июль	+	+	(+)3,9	
Август	+	+	-	
Сентябрь	+	+	-	

Как видно из таблицы 2.1, неоднородные экстремумы в рядах среднемесячных температур отсутствуют, также, как и гипотеза о стационарности дисперсий по критерию Фишера принимается по всех случаях. Гипотеза стационарности средних значений надежно принимается для температур мая и июня, условно принимается – для температуры апреля и отклоняется для температур августа и сентября.

2.2. Оценка изменения осадков теплого сезона

Анализ изменения осадков был рассмотрен только за последний период наблюдений: с 1966 по 2018 гг. На рис. 2.2.1 показан многолетний ряд наблюдений за суммами годовых осадков в Санкт-Петербурге с 1966 года.



Рисунок 2.2.1. Многолетние колебания годовых сумм осадков в Санкт-Петербурге.

Визуальный анализ графика показывает, что дисперсия и среднее значение годовых сумм осадков увеличились во второй половине ряда.

Для осадков теплого периода года, временной график которых приведен на рис.2.2.2 также имеет место некоторый их рост, особенно в последние годы наблюдений.



Рисунок 2.2.2. Ряд наблюдений за суммами осадков теплого периода года в Санкт-Петербурге.

Ряды сумм осадков, также, как и среднемесячных температур для месяцев теплого периода года оценивались на однородность и стационарность и результаты представлены в табл.2.2. Также, как и ряды температур проанализируем их на однородность и стационарность.

Таблица 2.2

Оценка стационарности и однородности сумм осадков теплого сезона Санкт-Петербурга. (1966-2018гг)

Месяц	Диксон	Фишер	Стьюдент	Год
Апрель	+	+	+	
Май	-	(-)1,8	+	2003,2014,1995
Июнь	+	+	+	
Июль	+	+	+	
Август	+	+	+	
Сентябрь	+	+	+	

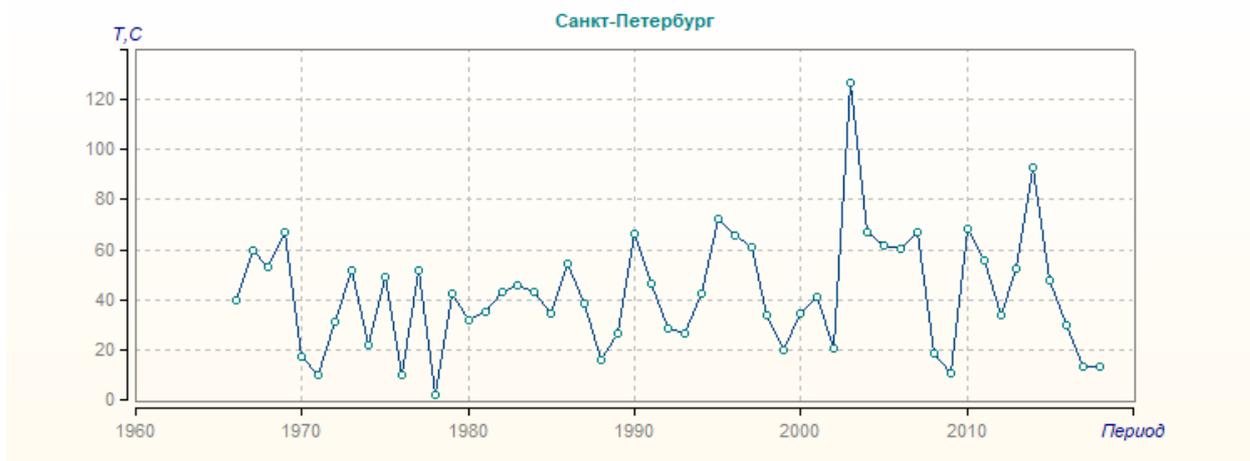


Рисунок 2.2.3. Неоднородный ряд осадков мая по Санкт-Петербургу

Как видно из таблицы 2.2, суммы осадков всех месяцев теплого периода года однородных и стационарны за исключением осадков мая, в которых имеет место неоднородный максимум 2003 г., который привел к некоторой нестационарности и дисперсий, как видно на графике рис.2.2.3.

Глава 3. Климатические особенности изменения температуры воздуха и осадков холодного периода в Санкт-Петербурге.

3.1. Оценка изменения температуры холодного полугодия

В данной главе рассмотрены особенности температуры и осадков в Санкт-Петербурге за холодный период года (октябрь – март).

На рис. 3.1.1 представлен ход среднесезонной температуры за холодный период года и его аппроксимация линейным трендом. [9]

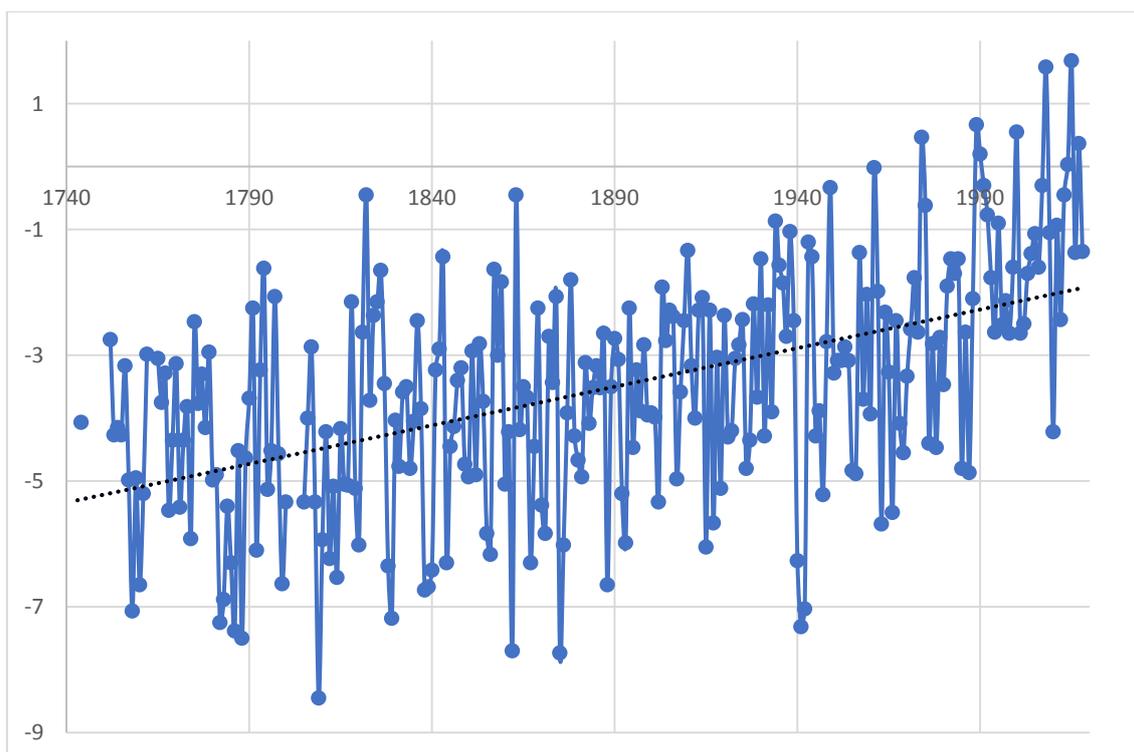


Рисунок 3.1.1. Многолетний ряд температуры холодного сезона в Санкт-Петербурге и его аппроксимация линейным трендом

Как видно из графика, во временном ряду имеет место тренд роста, за весь период наблюдений с 1743 по 2018гг.

Аппроксимация временных рядов температур каждого месяца холодного периода года линейным трендом показана на рис.3.1.2 – 3.1.7.

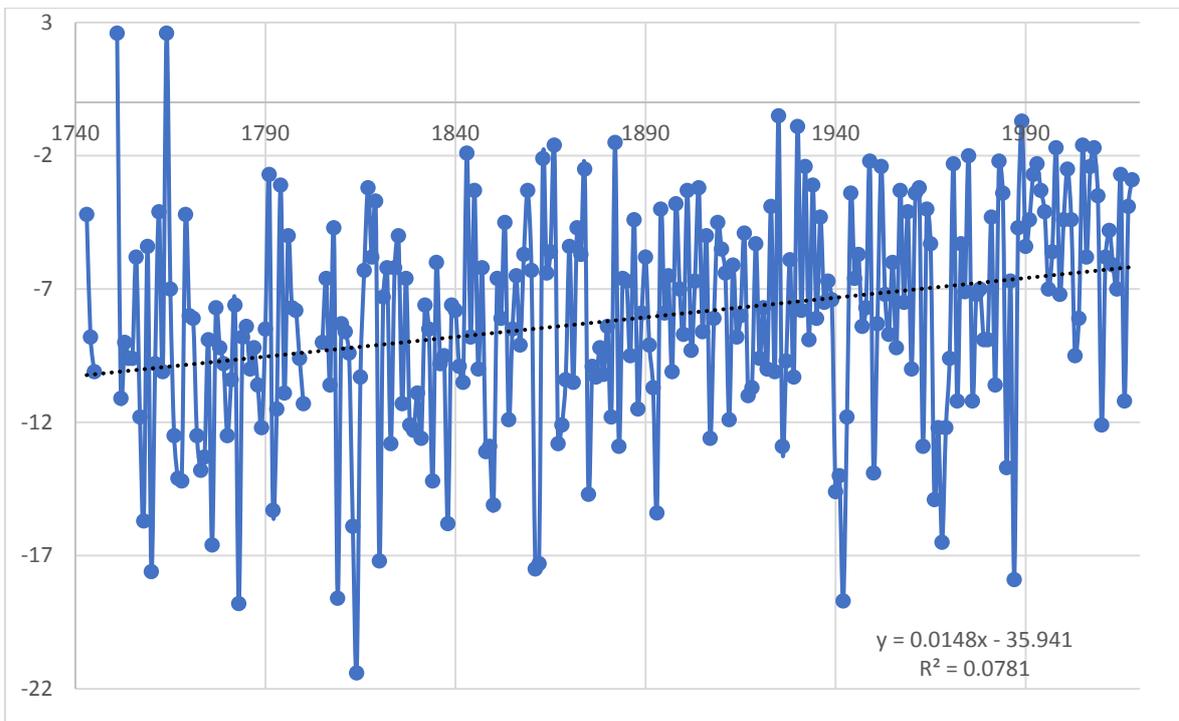


График 3.1.2. Временной ряд температуры января и его аппроксимация линейным трендом на метеостанции Санкт-Петербург

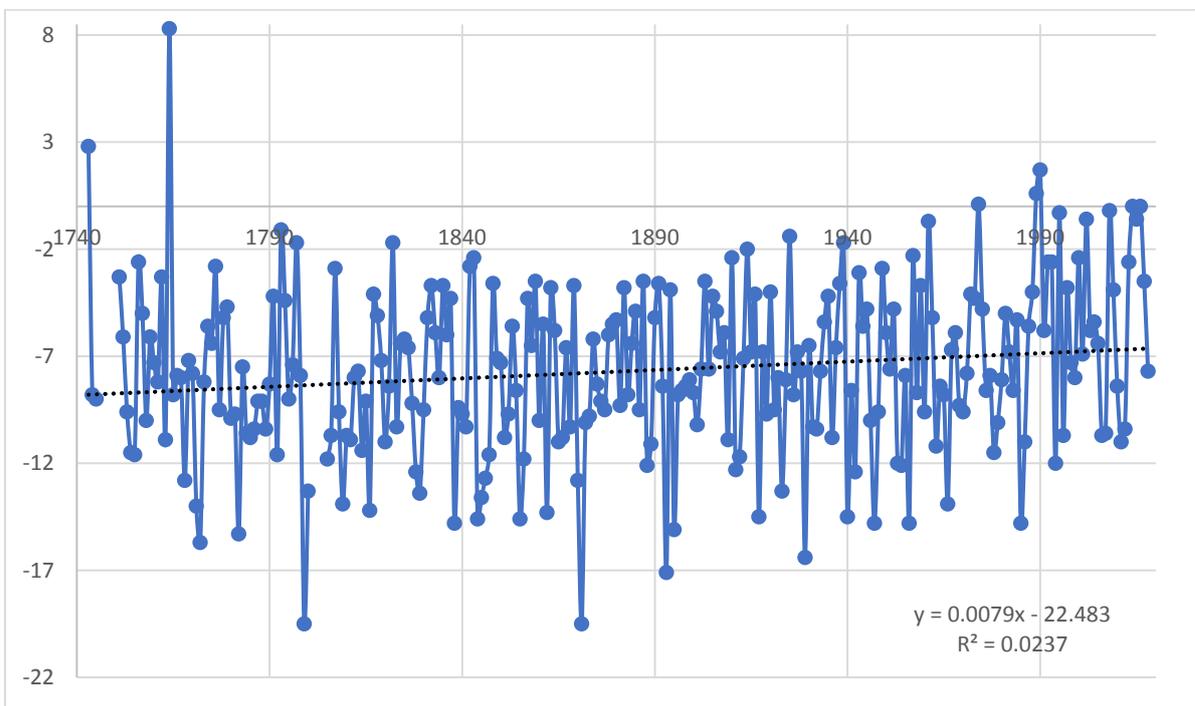


График 3.1.3. Временной ряд температуры февраля и его аппроксимация линейным трендом на метеостанции Санкт-Петербург

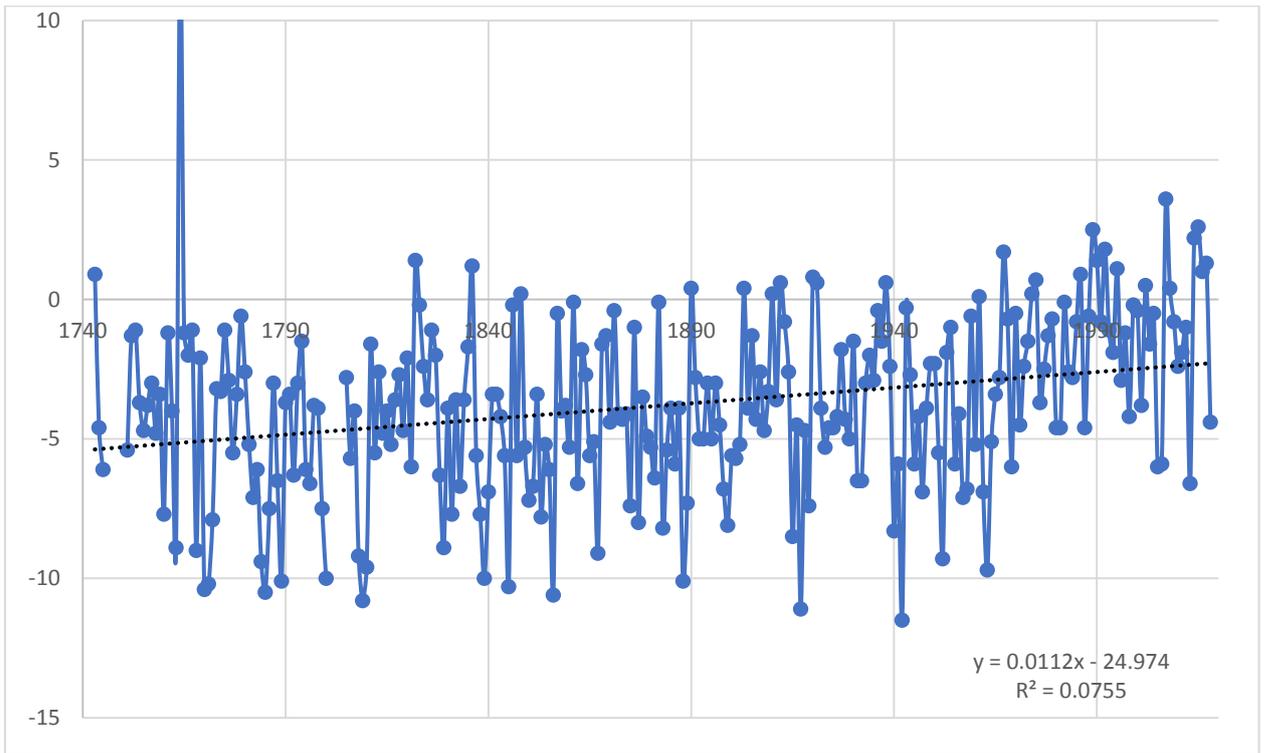


График 3.1.4. Временной ряд температуры марта и его аппроксимация линейным трендом на метеостанции Санкт-Петербург

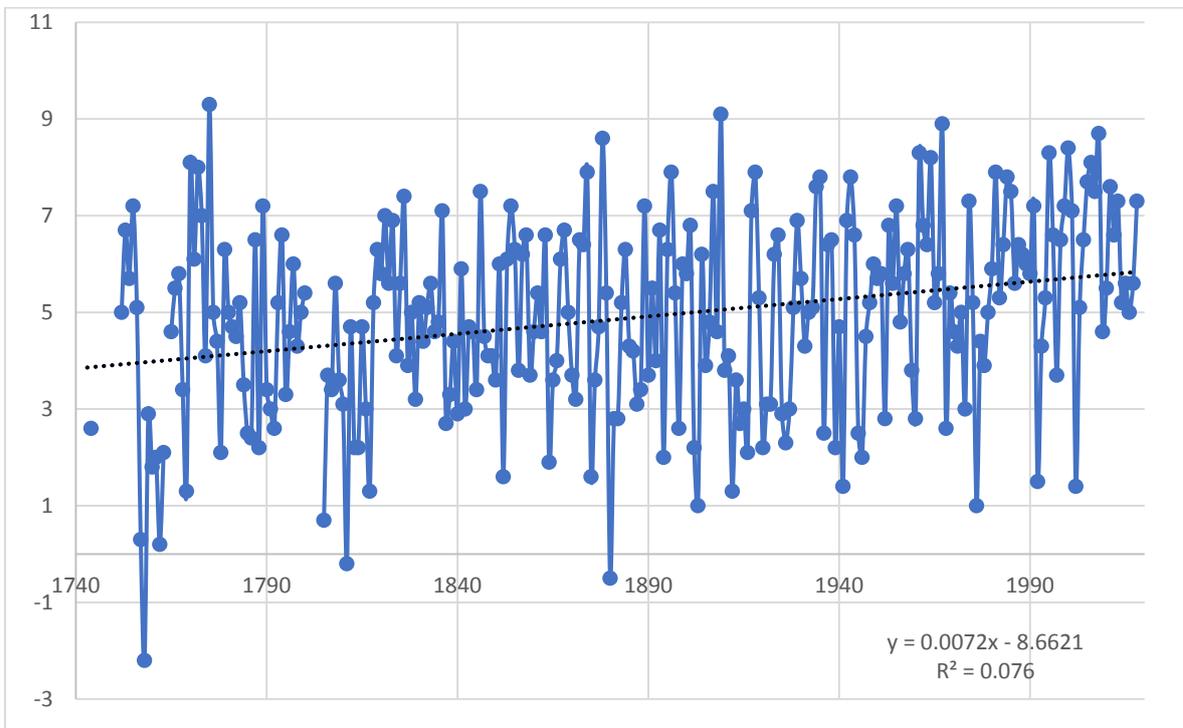


График 3.1.5. Временной ряд температуры октября и его аппроксимация линейным трендом на метеостанции Санкт-Петербург

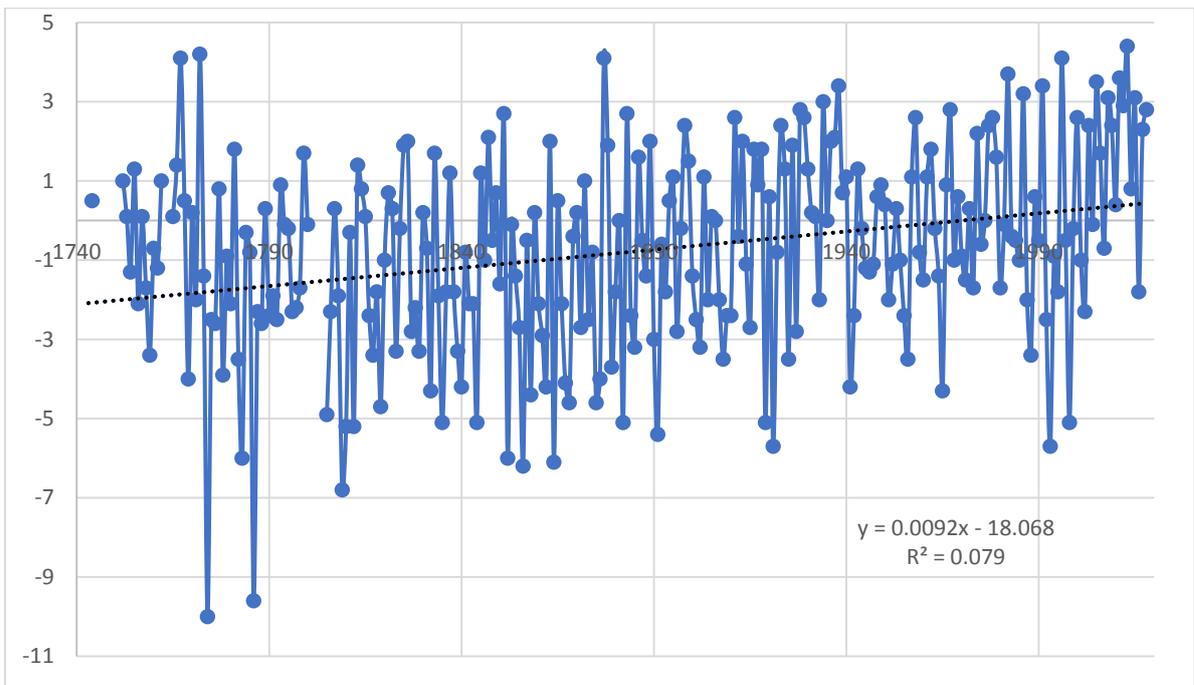


График 3.1.6. Временной ряд температуры ноября и его аппроксимация линейным трендом на метеостанции Санкт-Петербург

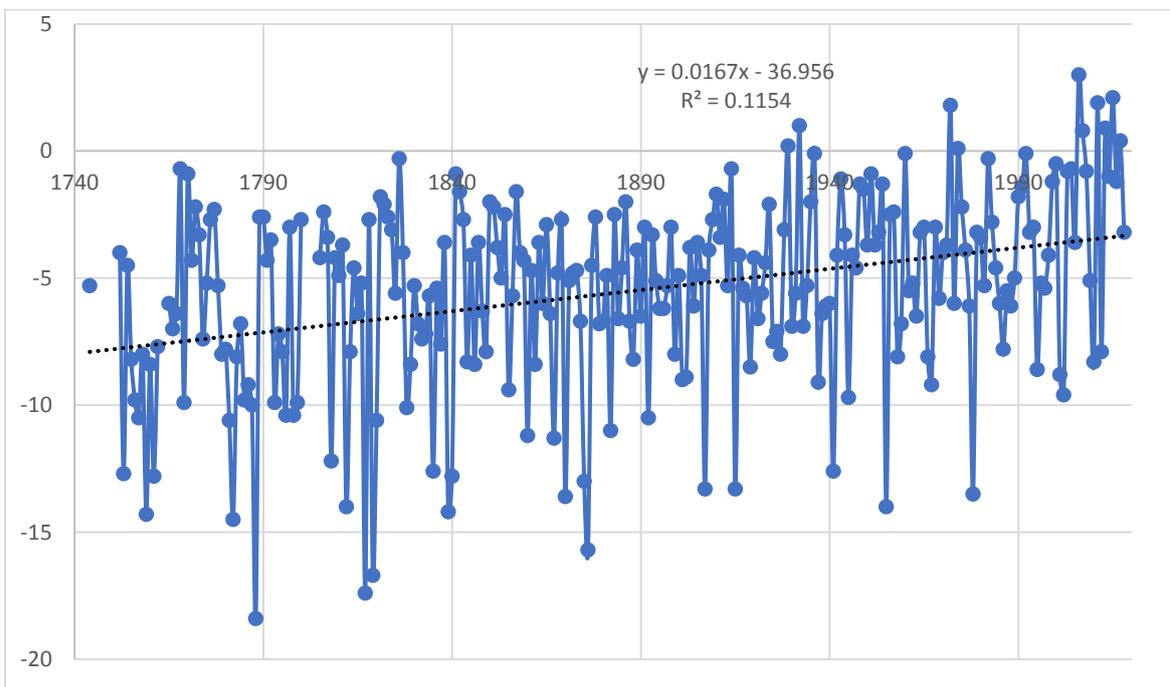


График 3.1.7. Временной ряд температуры декабря и его аппроксимация линейным трендом на метеостанции Санкт-Петербург

Из анализа 6 временных графиков среднемесячных температур воздуха холодного периода года (с октября по март) по Санкт-Петербургу можно сделать общий вывод, что температура воздуха растет, но с разной скоростью в разные месяцы. Хотя все коэффициенты корреляции из-за продолжительного ряда являются статистически значимые, но значения их разные: в октябре коэффициент корреляции линейного тренда $R=0,28$, в ноябре $R= 0,28$, в декабре $R=0,33$, январе $R=0,28$, феврале $R=0,14$, марте $R= 0,28$

Статистическая значимость рядов температур = 0,121

Результаты оценки однородности эмпирических распределений и оценки стационарности дисперсий и средних значений среднемесячных температур воздуха с января по декабрь по статистическим критериям Диксона (Д), Фишера (Ф) и Стьюдента (Ст) приведены в таблице 2.3. Знак «+» ставится, если уровень значимости, соответствующий расчетному значению статистики критерия, равен или более 5%, а «-», если он равен или менее 1%, т.е. в этих случаях нулевая гипотеза или достаточно надежно принимается или также надежно отклоняется. [6]

Знак «(+))» ставится, если уровень значимости, соответствующий расчетному значению статистики критерия, меньше 5%, но больше или равен 3%. Знак «(-)», если этот уровень значимости менее 3%, но больше 1%.

Таблица 3.1.1

Результаты оценки однородности и стационарности среднемесячных температур воздуха холодного сезона по критериям Диксона (Д), Фишера (Ф) и Стьюдента (Ст), М – номер месяца.

Месяц	Д	Ф	Ст	Год
Январь	+	(-)1,5	(+)3,5	
Февраль	+	+	+	
Март	+	+	+	

Октябрь	+	+	+	
Ноябрь	+	(+)4,8	+	
Декабрь	+	+	+	

Из таблицы 3.1 можно сделать вывод о том, что ряды температур стационарны.

Таблица 3.1.2

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур холодного сезона Санкт-Петербурга

код	dтр,%	dст,%	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
26063	7.9	11.7	1.18	1.28	1988	1744	2018	264	0.39

3.2. Оценка изменения осадков холодного полугодия

На графике 3.7 представлен ход сумм осадков за холодный период года.

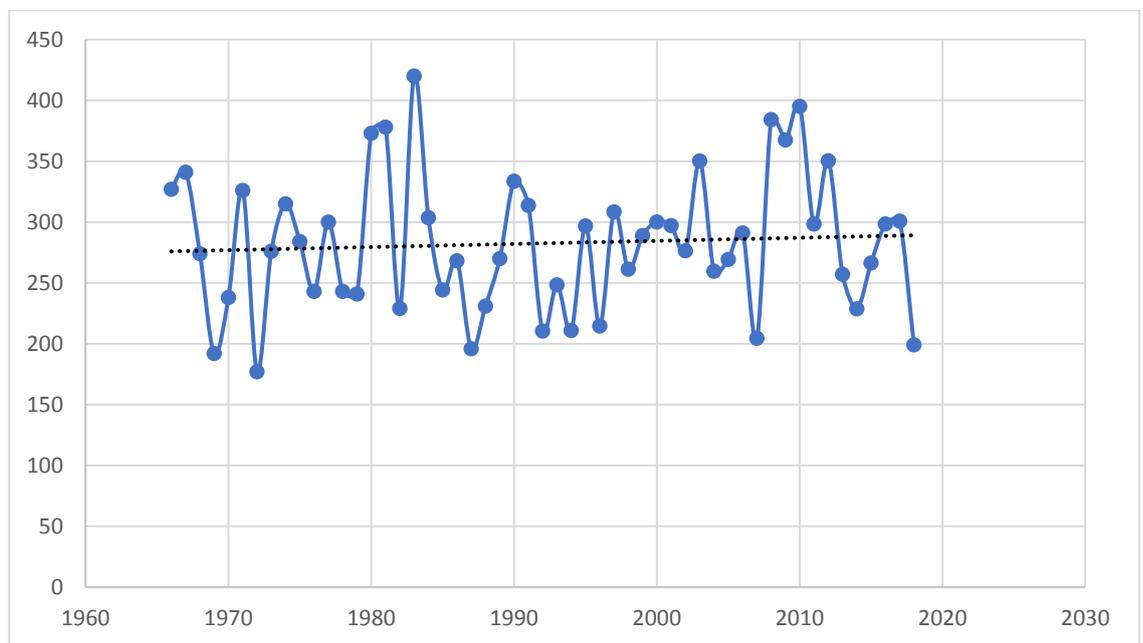


График 3.2.1 «Ход сумм осадков за холодный сезон»

Как видно из графика, во временном ряду имеет место тренд роста, за весь период наблюдений с 1966 по 2018 гг.

Аппроксимация временных рядов температур каждого месяца холодного периода года линейным трендом показана на рис.3.2.2 – 3.2.7.

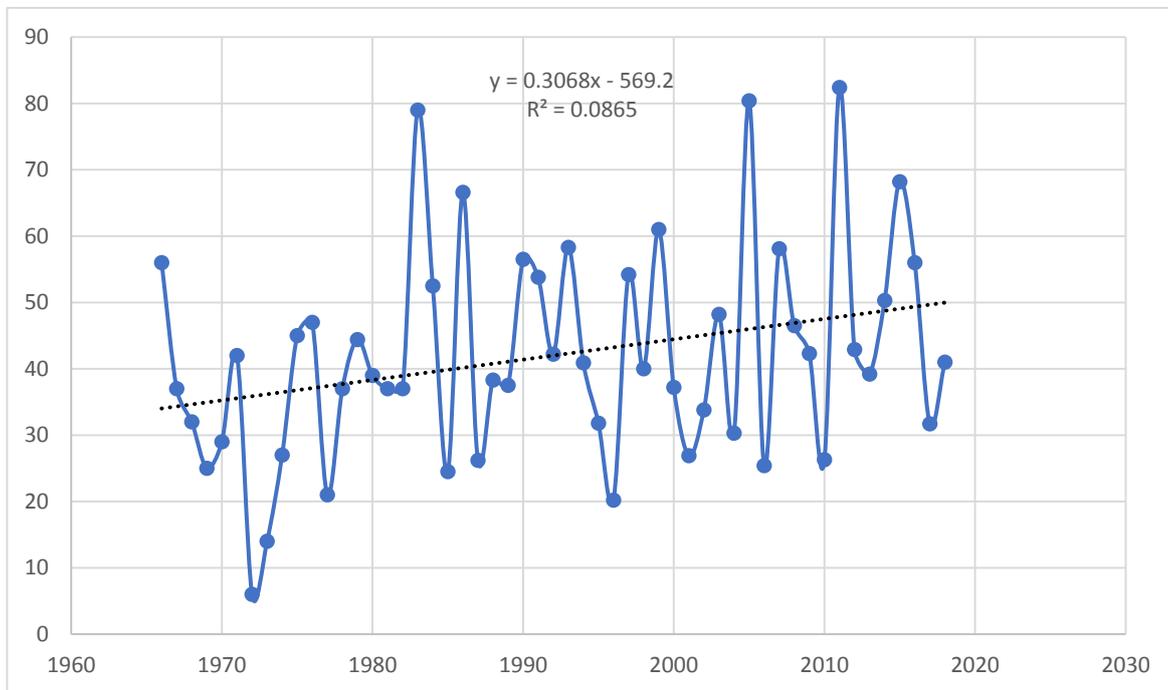


График 3.2.2 «Временной ряд сумм осадков за январь и его аппроксимация линейным трендом на метеостанции Санкт-Петербург»

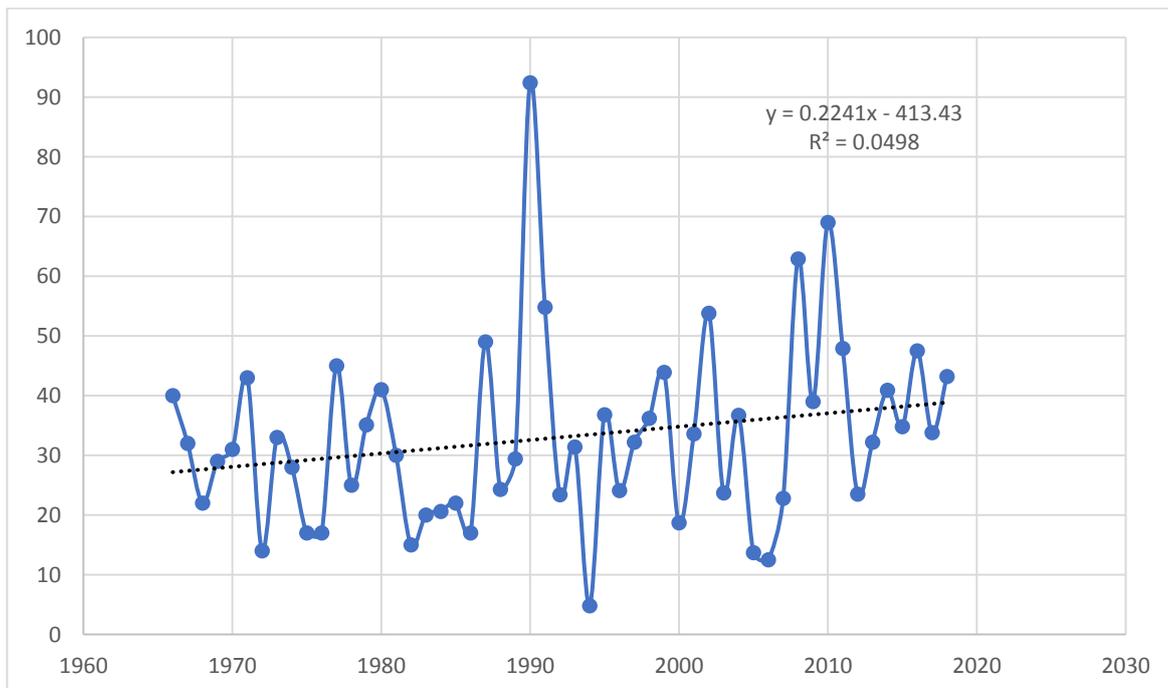


График 3.2.3 «Временной ряд сумм осадков за февраль и его аппроксимация линейным трендом на метеостанции Санкт-Петербург»

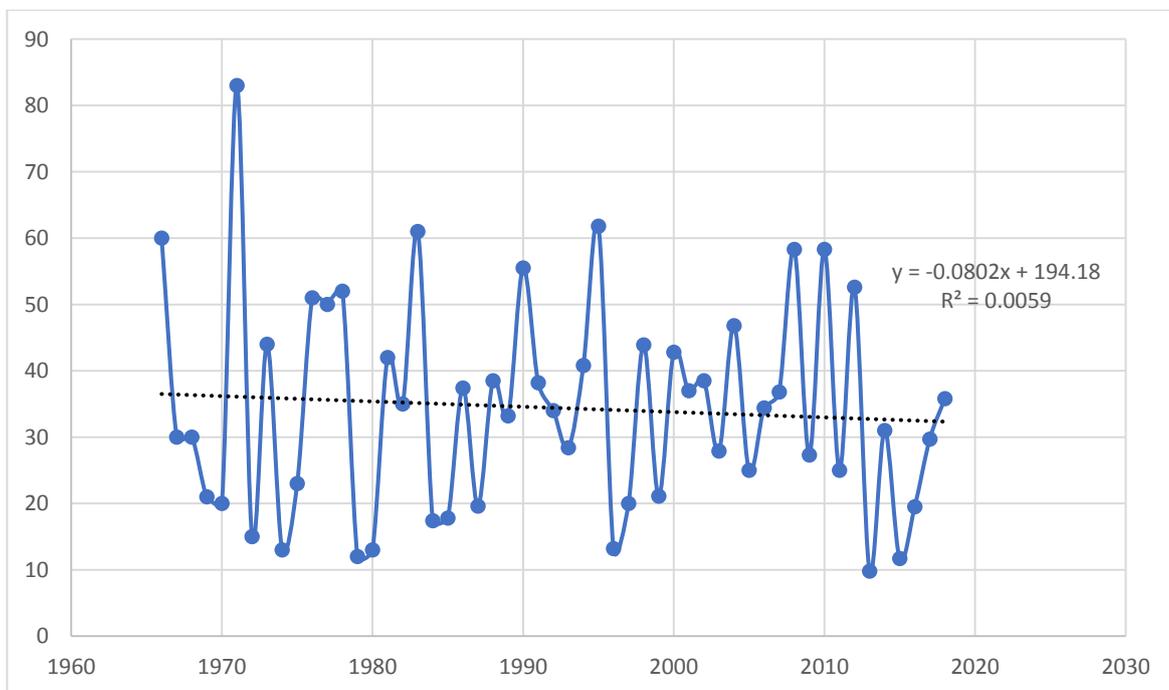


График 3.2.4 «Временной ряд сумм осадков за март и его аппроксимация линейным трендом на метеостанции Санкт-Петербург»

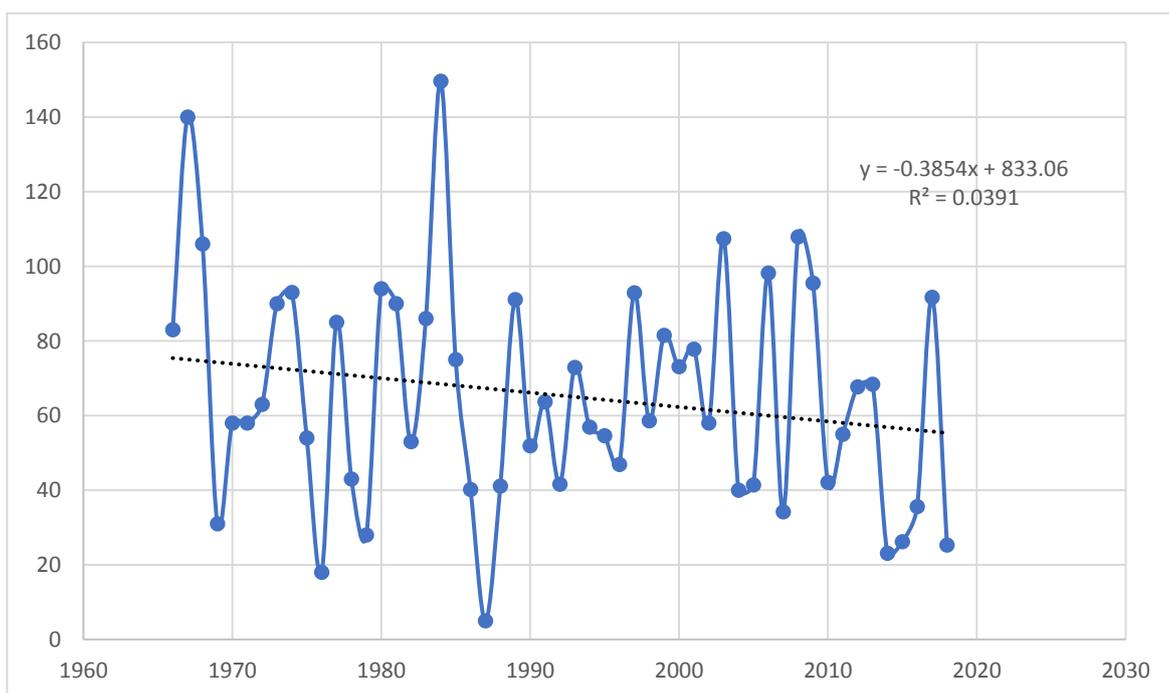


График 3.2.5 «Временной ряд сумм осадков за октябрь и его аппроксимация линейным трендом на метеостанции Санкт-Петербург»

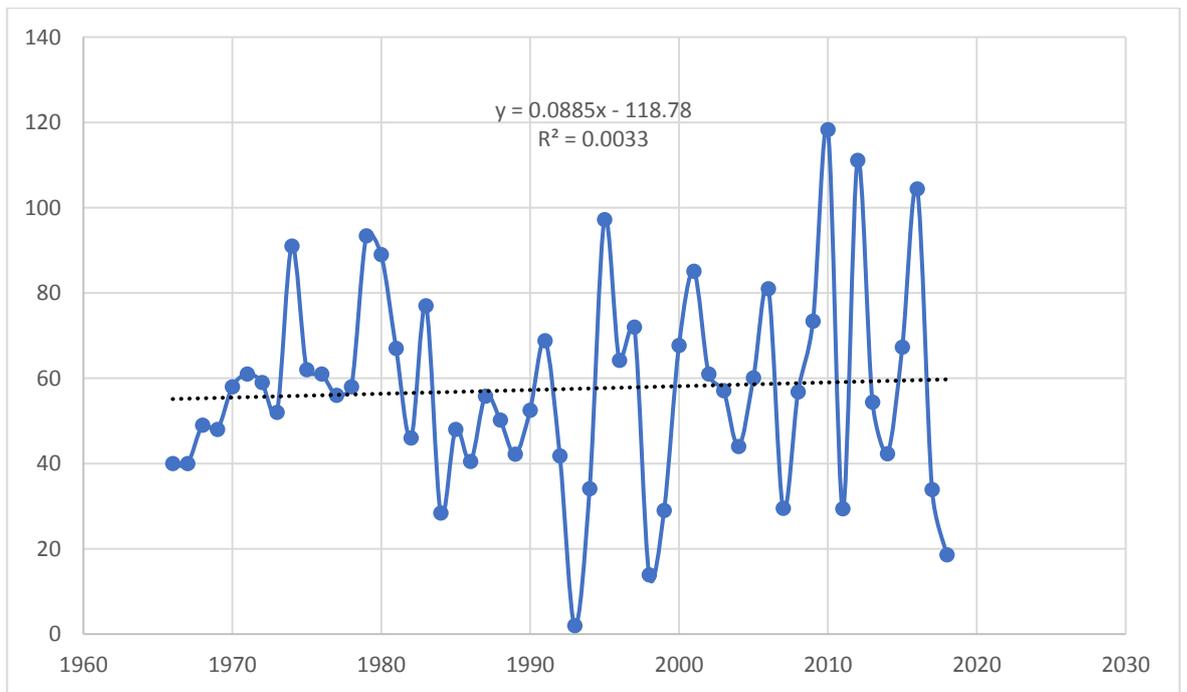


График 3.2.6 «Временной ряд сумм осадков за ноябрь и его аппроксимация линейным трендом на метеостанции Санкт-Петербург»

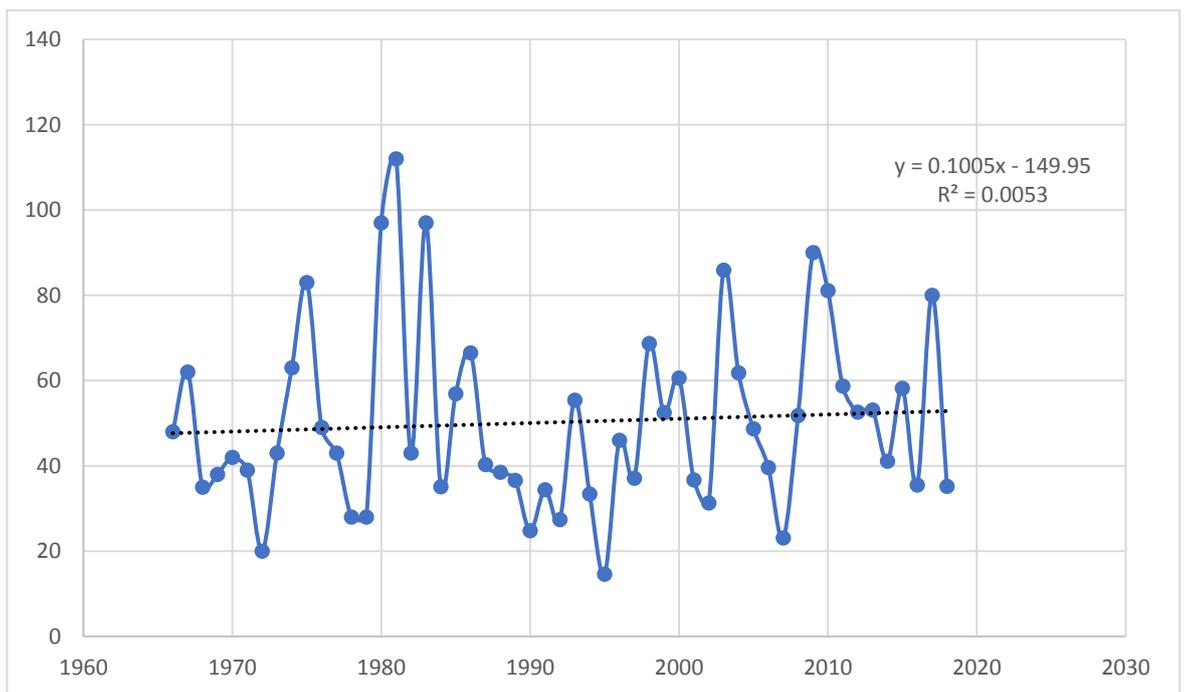


График 3.2.7 «Временной ряд сумм осадков за декабрь и его аппроксимация линейным трендом на метеостанции Санкт-Петербург»

На графиках 3.2.2-3.2.7 видно, что количество осадков возрастает.

Из анализа 6 временных графиков сумм осадков холодного периода года (с октября по март) по Санкт-Петербургу можно сделать общий вывод, что сумма осадков растет, но с разной скоростью в разные месяцы. Хотя все

коэффициенты корреляции из-за продолжительного ряда являются статистически не значимы, но значения их разные: в октябре коэффициент корреляции линейного тренда $R=0,2$, в ноябре $R= 0,05$, в декабре $R=0,22$, январе $R=0,3$, феврале $R=0,22$ марте $R= 0,08$

Статистическая значимость ряда осадков = $0,0,256$

Таблица 3.2

Результаты оценки однородности и стационарности сумм осадков для холодного сезона по критериям Диксона (Д), Фишера (Ф) и Стьюдента (Ст), М – номер месяца.

Месяц	Д	Ф	Ст	Год
Январь	+	+	+	
Февраль	+	+	+	
Март	+	+	+	
Октябрь	+	+	+	
Ноябрь	+	+	+	
Декабрь	+	-	+	

Согласно таблице 3.2, осадки можно считать стационарными и однородными.

Таблица 3.2.1

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур осадков сезона Санкт-Петербурга

код	dтр,%	dст,%	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
26063	0.2	2	1	1.04	2008	1966	2018	53	0.07

Глава 4. Климатические особенности изменения температуры воздуха и осадков теплого периода в регионе

4.1. Оценка изменения температуры теплого полугодия

Результаты оценки однородности и стационарности приведены в табл.4.1.1.

Таблица 4.1.1

Результаты оценки однородности и стационарности среднемесячных температур воздуха апреля по критериям Диксона (Д), Фишера (Ф) и Стьюдента (Ст).

Станция	Д	Ф	Ст	Год
Великие луки	+	+	+	
Вологда	+	(-)1,4	+	
Вытегра	+	+	+	
Лаппеенранта	+	+	(4,5)+	
Петрозаводск	+	+	+	
Псков	+	+	+	
Сортавала	+	+	+	
Таллин	+	+	-	
Хельсинки	+	+	+	

Таблица 4.1.1 показывает, что средние температуры апреля месяца на станциях региона, рассматриваемого в данной работе, входящего в теплый сезон являются однородными и стационарными.

Для многолетних рядов было проведено статистическое моделирование и аппроксимация моделью линейного тренда и моделью ступенчатых изменений и результаты представлены в табл.4.1.2 для рядов с начала наблюдений и в табл.4.1.3 для рядов с началом 1960 г., чтобы оценить устойчивость полученных результатов. Ярким отмечены нестационарные

эффективные модели и статистически значимые коэффициенты корреляции линейного тренда (r) при уровне значимости $\alpha=5\%$.

Таблица 4.1.2

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур апреля теплого сезона, рассматриваемой области

пункт	dтр,%	dст,%	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
Великие луки	5.8	8.9	1.13	1.21	1989	1900	2019	120	0.34
Вологда	1	3.7	1.02	1.08	1989	1900	2019	120	0.14
Вытегра	8.6	9.7	1.2	1.23	1989	1900	2019	120	0.4
Лаптеенранта	1.3	3.7	1.03	1.08	1999	1900	2019	120	0.16
Петрозаводск	7.7	11.1	1.17	1.27	1989	1900	2019	120	0.39
Псков	2.8	6.1	1.06	1.14	1999	1900	2019	120	0.23
Сортавала	9.3	12.6	1.22	1.31	1989	1900	2019	120	0.42
Таллин	9.9	13.5	1.23	1.34	1989	1900	2019	120	0.43
Хельсинки	9,7	10,5	1,22	1,29	1989	1900	2019	120	0,41

Таблица 4.1.3

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур апреля теплого сезона, рассматриваемой области с 1960г.

пункт	dтр,%	dст,%	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
Великие луки	11.4	14.2	1.27	1.36	1989	1960	2019	60	0.46
Вологда	5.4	7.9	1.12	1.18	1989	1960	2019	60	0.32
Вытегра	11.8	14.2	1.29	1.36	1999	1960	2019	60	0.47
Лаптеенранта	5.5	7.6	1.12	1.17	1999	1960	2019	60	0.33
Петрозаводск	13	16.7	1.32	1.44	1989	1960	2019	60	0.49
Псков	10.4	11.5	1.25	1.28	1999	1960	2019	60	0.44
Сортавала	14.8	19.5	1.38	1.54	1989	1960	2019	60	0.52
Таллин	17.8	20.5	1.48	1.58	1989	1960	2019	60	0.57
Санкт-Петербург	8.3	11.5	1.19	1.28	1989	1960	2018	59	0.4

Сравнение результатов таблиц показывает, что нестационарность за последний период стала более значимой и для аппроксимации эффективнее модель ступенчатых изменений с преобладающим годом перехода от одних стационарных условий к другим равным 1989 г. Для всего продолжительного периода статистически значимы 5 коэффициентов корреляции линейного тренда из 8 и эффективны 4 модели ступенчатых изменений ($d_{tr},\%$ или $d_{st},\% \geq 10\%$), а для периода с 1960 г. – все коэффициенты корреляции, 7 моделей ступенчатых изменений и 6 моделей линейного тренда., Стационарными рядами являются Вологда и Лаппеенранта. Климатические изменения температуры апреля являются одними из минимальных за территории.

Пространственные распределения $d_{tr},\%$, $d_{st},\%$ и r показаны на рис.4.1.1 – 4.1.3.

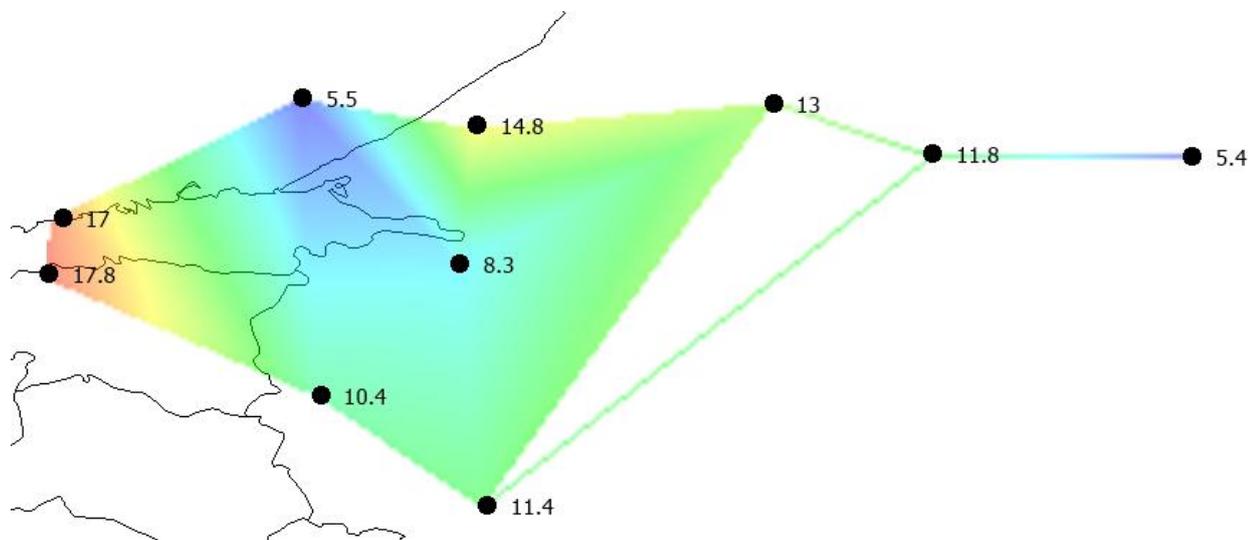


Рисунок 4.1.1 Распределение отклонений модели линейного тренда от стационарной за апрель месяц

Из данного рисунка видно, что отклонение модели линейного тренда от стационарного возрастает на запад, так и на северо-восток от Санкт-Петербурга, уменьшаясь в сторону Вологды.

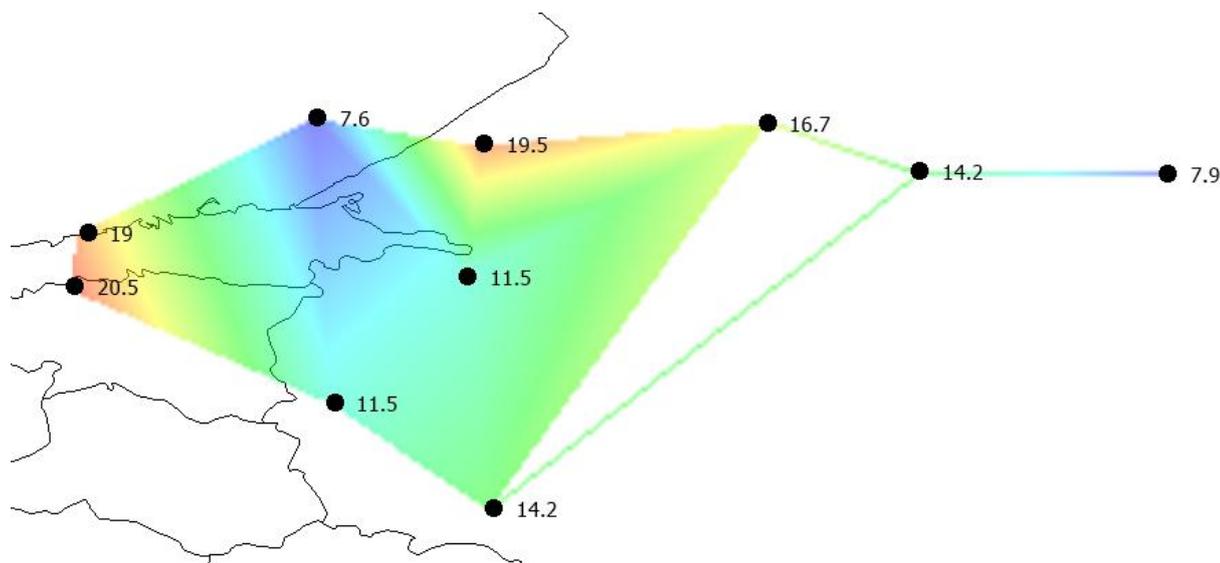


Рисунок 4.1.2 «Отклонение модели ступенчатых изменений за апрель
месяц»

Распределение отклонений модели ступенчатых изменений за апрель
месяц аналогично распределению отклонений модели линейного тренда от
стационарной за апрель месяц.

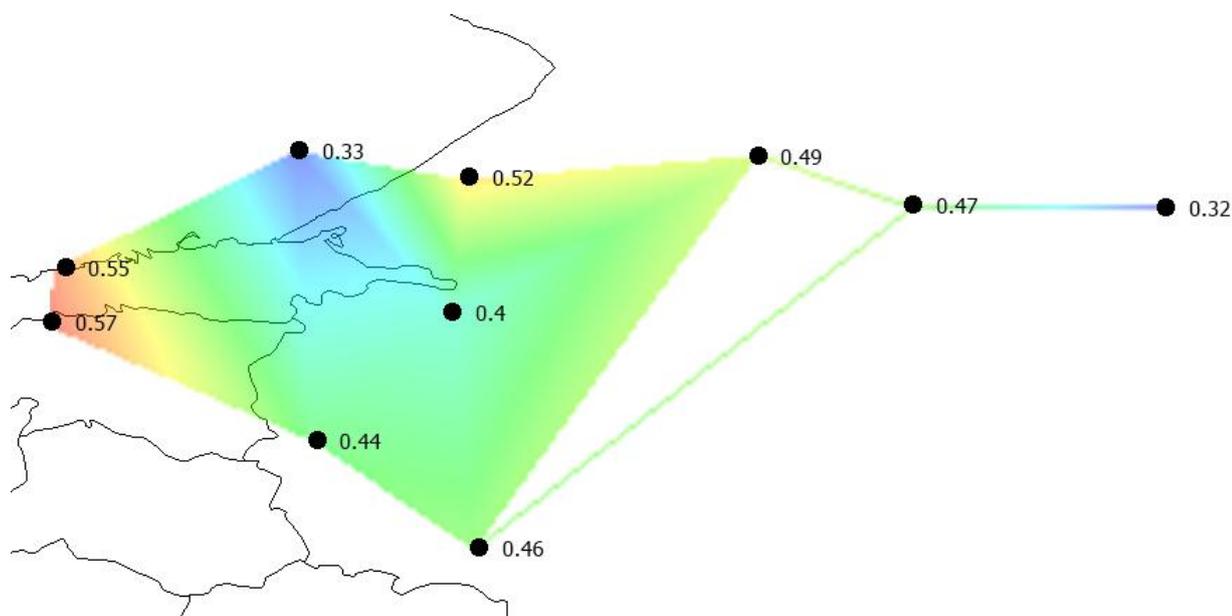


Рисунок 4.1.3 «Распределение коэффициентов корреляции модели
линейного тренда»

Распределение коэффициентов корреляции модели линейного тренда за
апрель месяц аналогично распределению отклонений модели линейного

тренда от стационарной, а также отклонению модели ступенчатых изменений за апрель месяц.

Проведем оценку однородности и стационарности температур июля, принадлежащего к теплому сезону (табл.4.1.4), а также эффективности нестационарных моделей за весь период наблюдений и с 1960 г. (табл.4.1.5 и 4.1.6).

Таблица 4.1.4

Результаты оценки однородности и стационарности среднемесячных температур воздуха июля по критериям Диксона (Д), Фишера (Ф) и Стьюдента (Ст).

Станция	Д	Ф	Ст	Год
Великие луки	+	+	+	
Вологда	+	+	+	
Вытегра	+	+	+	
Лаппеенранта	+	+	(-)2,0	
Петрозаводск	+	+	+	
Псков	+	+	+	
Сортавала	+	+	+	
Таллин	+	+	+	
Хельсинки	+	+	+	

Из таблицы 4.1.4 видно, что температуры июля месяца являются однородными и стационарными.

Таблица 4.1.5

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для
 многолетних рядов температур июля теплого сезона, рассматриваемой
 области

пункт	dтр,%	dст,%	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
Великие луки	0.3	4.9	1.01	1.11	1999	1900	2019	120	0.07
Вологда	1.4	4	1.03	1.08	1999	1900	2019	120	0.17
Вытегра	0.5	3.8	1.01	1.08	1998	1900	2019	120	0.1
Лаппеенранта	1.9	4.1	1.04	1.09	1997	1900	2019	120	0.19
Петрозаводск	0.9	4.2	1.02	1.09	1999	1900	2019	120	0.13
Псков	2.1	5.1	1.04	1.11	1999	1900	2019	120	0.2
Сортавала	1.1	3.6	1.02	1.08	1999	1900	2019	120	0.15
Таллин	1	4	1.02	1.08	2005	1900	2019	120	0.14
Хельсинки	0.7	5	1.01	1.11	1999	1900	2019	120	0.12

Таблица 4.1.6

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для
 многолетних рядов температур июля теплого сезона, рассматриваемой
 области с 1960г.

пункт	dтр,%	dст,%	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
Великие луки	7.7	12.7	1.17	1.31	1999	1960	2019	60	0.38
Вологда	1.3	6.3	1.03	1.14	1999	1960	2019	60	0.16
Вытегра	3.3	7.8	1.07	1.18	1997	1960	2019	60	0.25
Лаппеенранта	4.5	6.7	1.1	1.15	1997	1960	2019	60	0.3
Петрозаводск	3.8	7.4	1.08	1.17	1997	1960	2019	60	0.27
Псков	6	8.3	1.13	1.19	1994	1960	2019	60	0.34
Сортавала	3.6	6.8	1.08	1.15	1999	1960	2019	60	0.26
Таллин	5.8	7.9	1.13	1.18	2005	1960	2019	60	0.34
Хельсинки	9.5	13.4	1.22	1.33	1999	1960	2019	60	0.43
Санкт- Петербург	7.8	12.3	1.18	1.3	1997	1960	2018	59	0.39

Из таблицы 4.1.5 и 4.1.6 следует, что эффективные нестационарные модели для температур июля за весь период наблюдений отсутствуют, а по данным с 1960 г. имеют место только два случая эффективной

нестационарности для модели ступенчатых изменений для метеостанций Санкт-Петербург и Хельсинки ($d_{ст}, \% \geq 10$). Коэффициенты корреляции являются статистически значимыми в 5 случаях. Пространственные распределения $d_{тр}, \%$, $d_{ст}, \%$ и r показаны на рис.4.1.4 – 4.1.6.

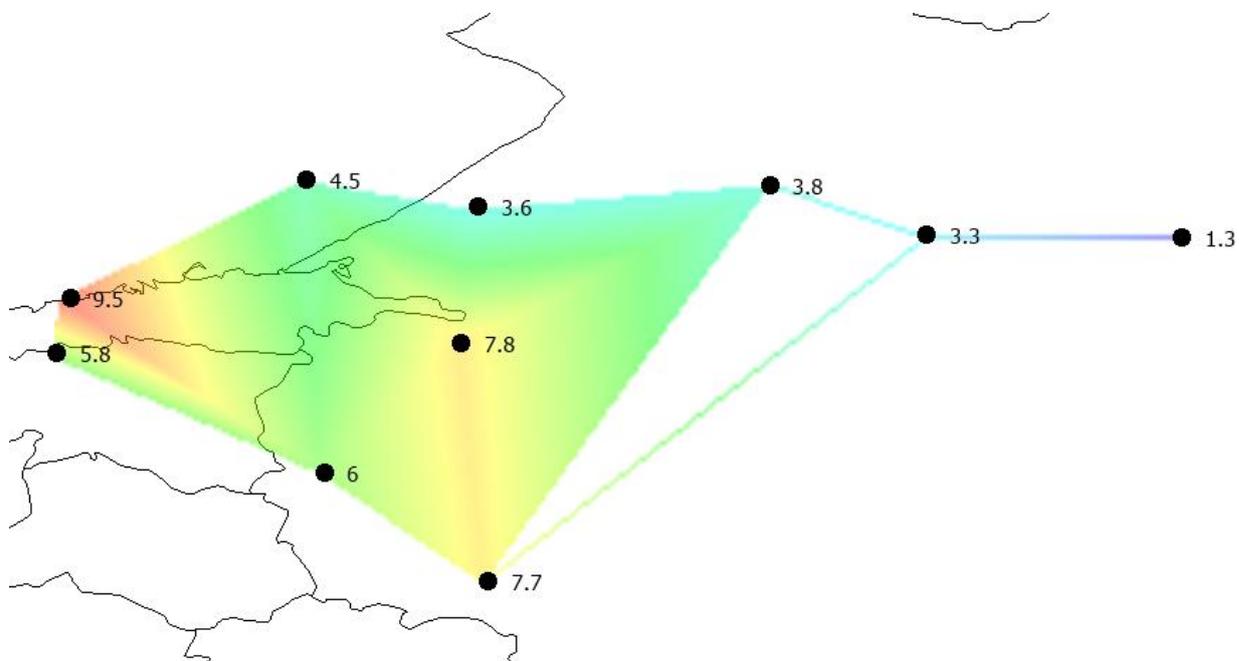


Рисунок 4.1.4 Распределение отклонений модели линейного тренда от стационарной за июль месяц

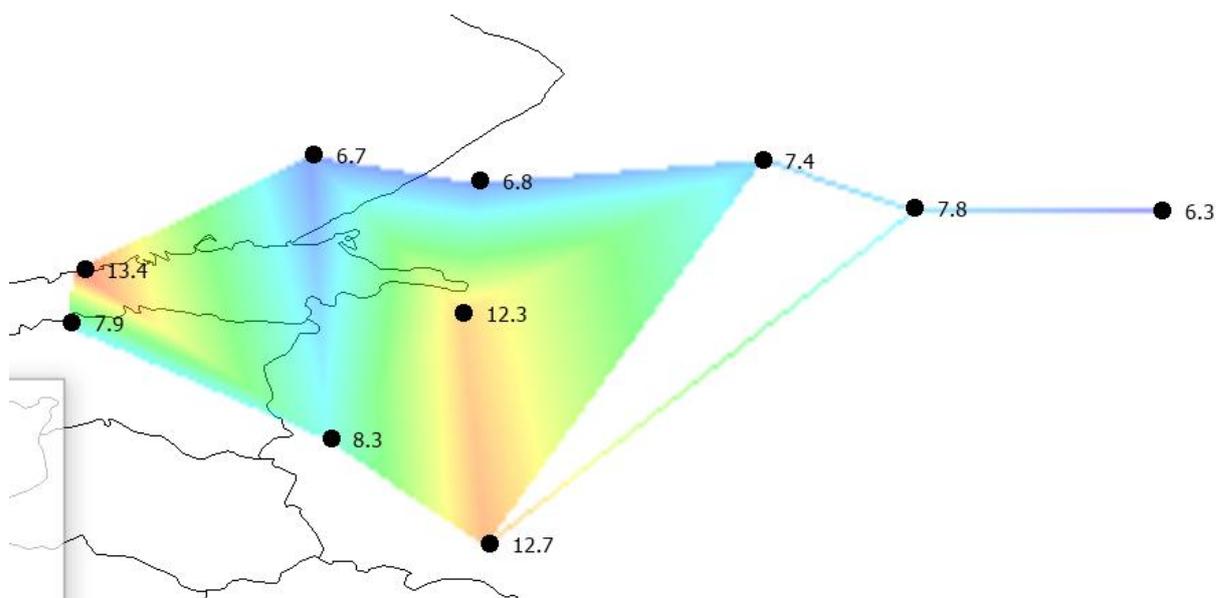


Рисунок 4.1.5 Отклонение модели ступенчатых изменений за июль месяц

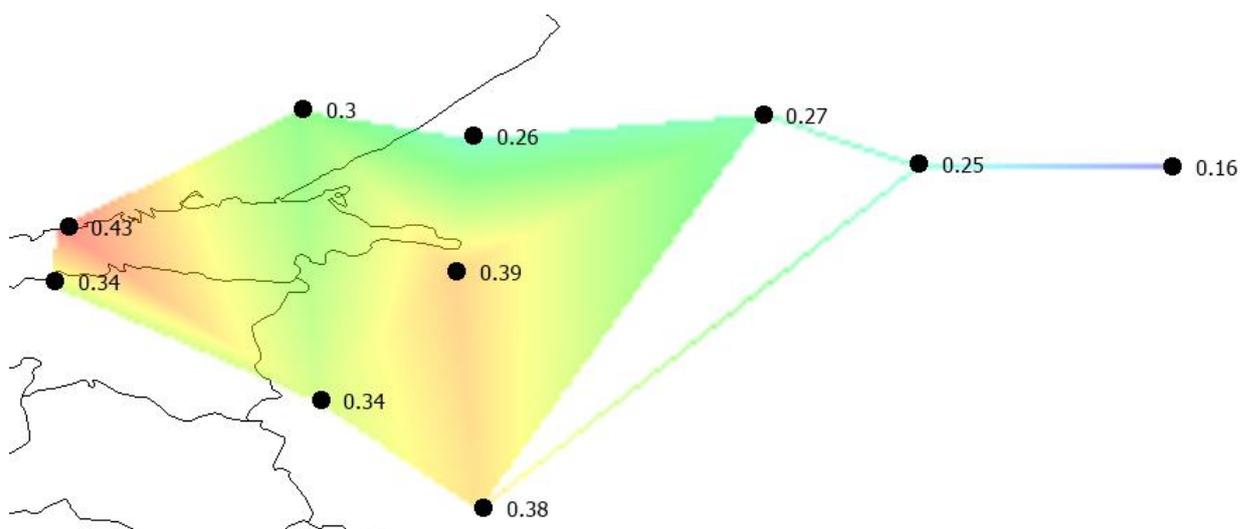


Рисунок 4.1.6 Распределение коэффициентов корреляции модели линейного тренда

Статистически значимые коэффициенты корреляции наблюдаются на юге и западе, а на севере – стационарные модели. В Санкт-Петербурге отличий в изменения от соседних станций нет.

4.2. Оценка изменения осадков теплого полугодия

Далее рассмотрим проявление изменений климата в осадках теплого полугодия. Проведем оценку однородности и стационарности осадков апреля, принадлежащего к теплому сезону (табл.4.2.1), а также эффективности нестационарных моделей за весь период наблюдений и с 1960 г. (табл.4.2.3 и 4.2.4).

Таблица 4.2.1

Результаты оценки однородности и стационарности среднемесячных осадков апреля по критериям Диксона (Д), Фишера (Ф) и Стьюдента (Ст).

Станция	Д	Ф	Ст	Год
Великие луки	+	(+)4,5	+	
Вологда	+	+	+	
Вытегра	+	+	(+)3,5	

Лаппеенранта	+	+	+	
Петрозаводск	+	+	+	
Псков	+	+	+	
Санкт-Петербург	+	+	+	
Сортавала	+	+	+	
Таллин	+	+	+	
Тарту	+	+	+	
Хельсинки	+	+	+	

Осадки месяца апреля в однородны и стационарны, за исключением пунктов Великие луки, где средние значения условно стационарны, и Вытегры, в которой стационарность дисперсии является условной.

Таблица 4.2.2

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов сумм осадков теплого сезона за апрель, рассматриваемой области

пункт	d _{тр} , %	d _{ст} , %	F _{тр}	F _{ст}	T _{ст}	T _{нач}	T _к	n	R _{тр}
Великие луки	0.1	1.1	1	1.02	1966	1900	2018	99	0.05
Лаппеенрант а	0.2	0.8	1	1.02	1978	1900	2018	119	-0.06
Петрозаводс к	4.9	5.4	1.11	1.12	1977	1967	2004	36	-0.31
Псков	0.2	1.2	1	1.02	1920	1900	2018	119	0.07
Санкт- Петербург	0.2	1.3	1	1.03	2008	1900	2018	119	0.06
Сортавала	0	0.5	1	1.01	1910	1900	2018	119	-0.01
Таллин	0.7	1.9	1.01	1.04	1979	1900	2018	119	-0.11
Тарту	0.2	1.3	1	1.03	1920	1900	2018	119	0.06
Хельсинки	1.1	2.7	1.02	1.06	1978	1900	2018	119	-0.15

Таблица 4.2.3

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для
многорядных рядов сумм осадков теплого сезона за апрель, рассматриваемой
области с 1960 года

пункт	d _{тр} ,%	d _{ст} ,%	F _{тр}	F _{ст}	T _{ст}	T _{нач}	T _к	n	R _{тр}
Великие луки	0.5	0.8	1.01	1.02	2006	1960	2018	58	0.1
Лаппеенранта	0	1.3	1	1.03	1978	1960	2018	59	0
Петрозаводск	4.9	5.4	1.11	1.12	1977	1967	2004	36	-0.31
Псков	0.4	2.1	1.01	1.04	2008	1960	2018	59	0.09
Санкт-Петербург	0.1	5.7	1	1.13	1978	1966	2018	53	-0.03
Сортавала	0.7	1.2	1.01	1.02	2006	1960	2018	59	0.12
Таллин	0.1	1.5	1	1.03	1979	1960	2018	59	-0.05
Тарту	0.1	2.3	1	1.05	1979	1960	2018	59	0.05
Хельсинки	0.2	3.1	1	1.06	1978	1960	2018	59	-0.07

Из таблиц 4.2.2 и 4.2.3 видно, что эффективные нестационарные модели для сумм осадков апреля отсутствуют для всех пунктов.

Рассмотрим однородность и стационарность осадков июля месяца (табл.4.2.4), а также эффективность нестационарных моделей (табл.4.2.5 и 4.2.6).

Таблица 4.2.4

Результаты оценки однородности и стационарности осадков июля по критериям Диксона (Д), Фишера (Ф) и Стьюдента (Ст).

Станция	Д	Ф	Ст	Год
Великие луки	+	+	+	
Вологда	+	+	+	

Вытегра	+	(-)1,4	(+)4,1	
Лаптеенранта	+	+	+	
Петрозаводск	+	+	(+)3,7	
Псков	+	+	+	
Санкт-Петербург	+	+	+	
Сортавала	+	(-)2,8	+	
Таллин	+	(-)1,4	+	
Тарту	+	+	+	
Хельсинки	+	-	(+)4,9	

Таблица 4.2.4 показывает, что экстремумы является однородным при уровне значимости 5%. Средние значения в основном однородны, за исключением станции Хельсинки, а также условно неоднородны в Вытегре, Сортавале, Таллине.

Таблица 4.2.5

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов сумм осадков теплого сезона за июль, рассматриваемой области

пункт	dтр, %	dст, %	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
Великие луки	0	1.6	1	1.03	1910	1900	2018	97	-0.02
Лаптеенрант а	0.5	1.3	1.01	1.03	1927	1900	2018	119	0.1
Петрозаводс к	7.3	10	1.16	1.23	1981	1967	2013	42	0.38
Псков	0	0.7	1	1.01	1928	1900	2002	103	-0.01
Санкт- Петербург	0.7	1.3	1.02	1.03	1928	1900	2018	119	0.12
Таллин	0.6	1.6	1.01	1.03	1928	1900	2018	118	0.11
Тарту	0.2	0.9	1	1.02	1928	1900	2013	112	0.06
Хельсинки	0.7	2	1.01	1.04	1953	1900	2018	118	0.12

Таблица 4.2.6

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов сумм осадков теплого сезона за июль, рассматриваемой области, за 1960г

пункт	dтр,%	dст,%	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
Великие луки	0.1	1.2	1	1.02	1992	1960	2018	58	-0.04
Лаппеенранта	0.1	0.9	1	1.02	2000	1960	2018	59	0.03
Петрозаводск	7.3	10	1.16	1.23	1981	1967	2013	42	0.38
Псков	0	1.2	1	1.02	1977	1960	2002	43	-0.01
Сортавала	0.2	1.3	1	1.03	2000	1960	2018	59	0.07
Таллин	0.4	2	1.01	1.04	1996	1960	2018	58	0.09
Тарту	0.7	1.4	1.01	1.03	2000	1960	2013	52	0.12
Хельсинки	0.8	2.6	1.02	1.05	2005	1960	2018	58	-0.13
Санкт-Петербург	0.5	1.5	1.01	1.03	2000	1966	2018	53	0.1

Из данной результатов таблиц следует, что эффективных нестационарных моделей для осадков июля не наблюдается и только имеет место один статистический значимый коэффициент корреляции линейного тренда для Петрозаводска. Пространственное распределение коэффициентов корреляции показано на рис.4.2.1.

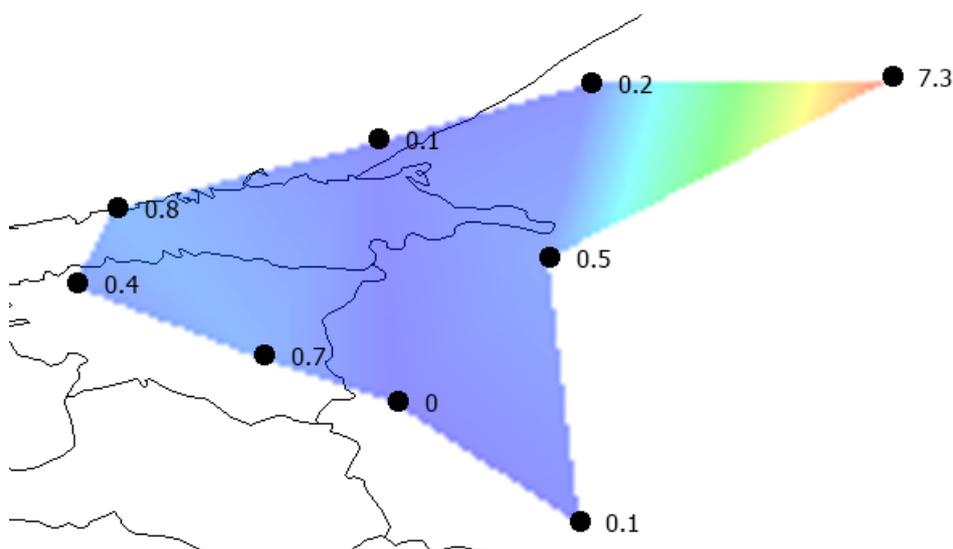


Рисунок 4.2.1 Распределение коэффициентов корреляции модели линейного тренда

Глава 5. Климатические особенности изменения температуры воздуха и осадков холодного периода в регионе

5.1. Оценка изменения температуры холодного полугодия

Теперь произведем оценку однородности и стационарности температур за холодный сезон в исследуемом регионе и эффективности нестационарных моделей для температур октября. Результаты представлены в табл.5.1.1-5.1.3.

Таблица 5.1.1

Результаты оценки однородности и стационарности среднемесячных температур воздуха в октябре по критериям Диксона (Д), Фишера (Ф) и Стьюдента (Ст).

Станция	Д	Ф	Ст	Год
Великие луки	+	+	+	
Вологда	+	+	+	
Вытегра	+	+	+	
Лаппеенранта	+	+	+	
Петрозаводск	+	+	+	
Псков	+	+	+	
Сортавала	+	+	+	
Таллин	+	+	+	
Хельсинки	+	+	+	

Температура октября, как видно из таблицы 5.1 полностью однородна и стационарна.

Таблица 5.1.2

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур воздуха холодного сезона за октябрь, рассматриваемой области

пункт	dтр,%	dст,%	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
Великие луки	2.5	3.4	1.05	1.07	1980	1900	2018	119	0.22
Вытегра	2.8	3.6	1.06	1.08	1980	1900	2018	119	0.24
Лаптеенранта	0.4	1	1.01	1.02	1995	1900	2018	119	0.08
Петрозаводск	2.3	3.2	1.05	1.07	1981	1900	2018	119	0.21
Псков	2.1	3.1	1.04	1.06	1980	1900	2018	119	0.2
Сортавала	1.8	2.3	1.04	1.05	1980	1900	2018	119	0.19
Таллин	1.2	1.7	1.03	1.03	1980	1900	2018	119	0.16
Хельсинки	0	0.9	1	1.02	1968	1900	2015	116	0.01

Таблица 5.1.3

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур воздуха холодного сезона за октябрь, рассматриваемой области, с 1960г.

пункт	dтр,%	dст,%	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
Великие луки	1.8	3.8	1.04	1.08	1980	1960	2018	59	0.19
Вологда	1.2	3.3	1.02	1.07	1980	1960	2018	59	0.15
Вытегра	0.5	1.9	1.01	1.04	1980	1960	2018	59	0.1
Лаптеенранта	1.8	4.4	1.04	1.09	1981	1960	2018	59	0.19
Петрозаводск	0.9	3.9	1.02	1.08	1980	1960	2018	59	0.13
Псков	0.6	2.6	1.01	1.05	1980	1960	2018	59	0.11
Сортавала	0.4	1.8	1.01	1.04	1980	1960	2018	59	0.09
Таллин	0.6	2.4	1.01	1.05	1995	1960	2018	59	0.11
Санкт-Петербург	1.5	3.5	1.03	1.07	1980	1960	2018	59	0.17

Результаты табл.5.1.2 и 5.1.3 показывают, что эффективные нестационарные модели для температур октября отсутствуют, также, как и статистически значимые коэффициенты корреляции линейного тренда.

Результаты оценки однородности и стационарности среднемесячных температур января приведены в табл.5.1.4, а оценки эффективности нестационарных моделей – в табл.5.1.5 и 5.1.6.

Таблица 5.1.4

Результаты оценки однородности и стационарности среднемесячных температур воздуха в январе по критериям Диксона (Д), Фишера (Ф) и Стьюдента (Ст).

Станция	Д	Ф	Ст	Год
Великие луки	+	+	+	
Вологда	+	+	+	
Вытегра	+	+	+	
Лаптеенранта	+	+	+	
Петрозаводск	+	+	+	
Псков	+	+	+	
Сортавала	+	+	+	
Таллин	+	+	+	
Хельсинки	+	+	+	

Температура января, как видно из таблицы 5.1.4 полностью однородна и стационарна.

Таблица 5.1.5

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур воздуха холодного сезона за январь, рассматриваемой области.

пункт	dтр,%	dст,%	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
Великие луки	1.4	5.3	1.03	1.11	1988	1900	2019	120	0.16
Вытегра	0.2	2.4	1	1.05	1989	1900	2019	120	0.07
Лаптеенранта	0.2	2.7	1	1.06	1988	1900	2019	120	0.06
Петрозаводск	0.1	2.2	1	1.05	1988	1900	2019	120	0.05
Псков	2.1	6.5	1.04	1.14	1988	1900	2019	120	0.2
Сортавала	0.3	2.6	1.01	1.05	1988	1900	2019	120	0.07
Таллин	1.1	5.4	1.02	1.12	1988	1900	2019	120	0.15
Хельсинки	0	2.2	1	1.05	1988	1900	2019	120	0

Таблица 5.1.6

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур воздуха холодного сезона за январь, рассматриваемой области, с 1960г.

пункт	dтр,%	dст,%	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
Великие луки	4.9	10.1	1.11	1.24	1988	1960	2019	60	0.31
Вологда	4.7	7.9	1.1	1.18	1988	1960	2019	60	0.3
Вытегра	2.6	7.3	1.05	1.16	1988	1960	2019	60	0.23
Лаптеенранта	3.6	7.4	1.08	1.17	1988	1960	2019	60	0.27
Петрозаводск	6.1	11.3	1.14	1.27	1988	1960	2019	60	0.34
Псков	3	6.9	1.06	1.15	1988	1960	2019	60	0.24
Сортавала	4.3	9.7	1.09	1.23	1988	1960	2019	60	0.29
Таллин	3.1	8.6	1.06	1.2	1988	1960	2019	60	0.25
Санкт-Петербург	5.3	10	1.11	1.23	1988	1960	2018	59	0.32

Из таблиц 5.1.5 и 5.1.6 видно, что эффективные нестационарные модели имеют место для трех пунктов наблюдений (Великие Луки, Петрозаводск, Санкт-Петербург) только по данным с 1960 г., т.е. за последний период времени. Притом вклад нестационарности невелик – всего 10-11% и только для моделей ступенчатых изменений. Год перехода от одних стационарных условий к другим во всех случаях 1988 г. Статистически значимых коэффициентов уравнения линейного тренда уже 6 из 9 случаев, но они также небольшие по величине.

Пространственные распределения $d_{тр},\%$, $d_{ст},\%$ и r показаны на рис.5.1.1 – 5.1.3.

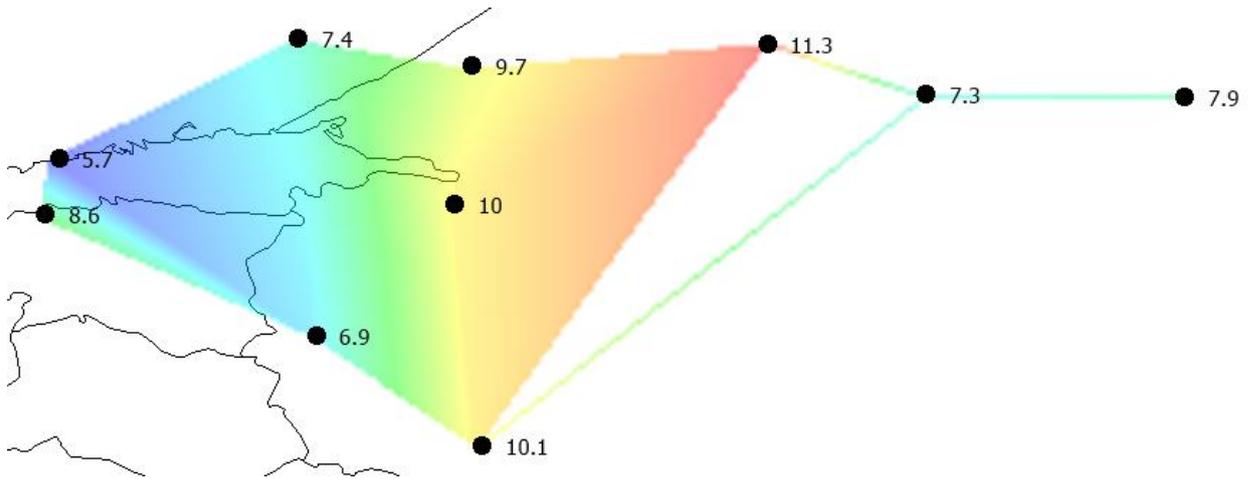


Рисунок 5.1.1 Распределение отклонений модели линейного тренда от стационарной за январь месяц»

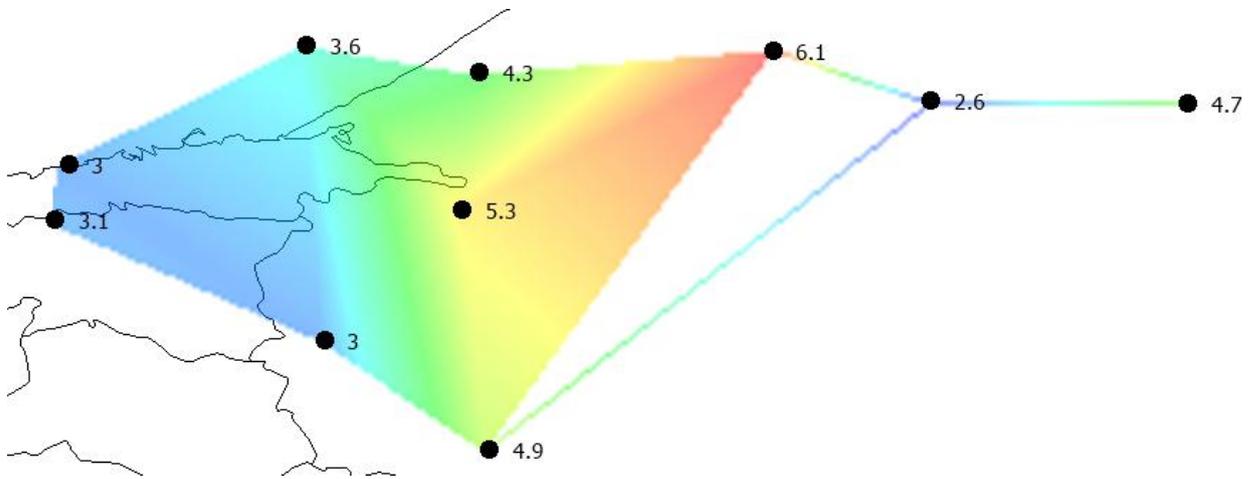


Рисунок 5.1.2 Отклонение модели ступенчатых изменений за январь месяц

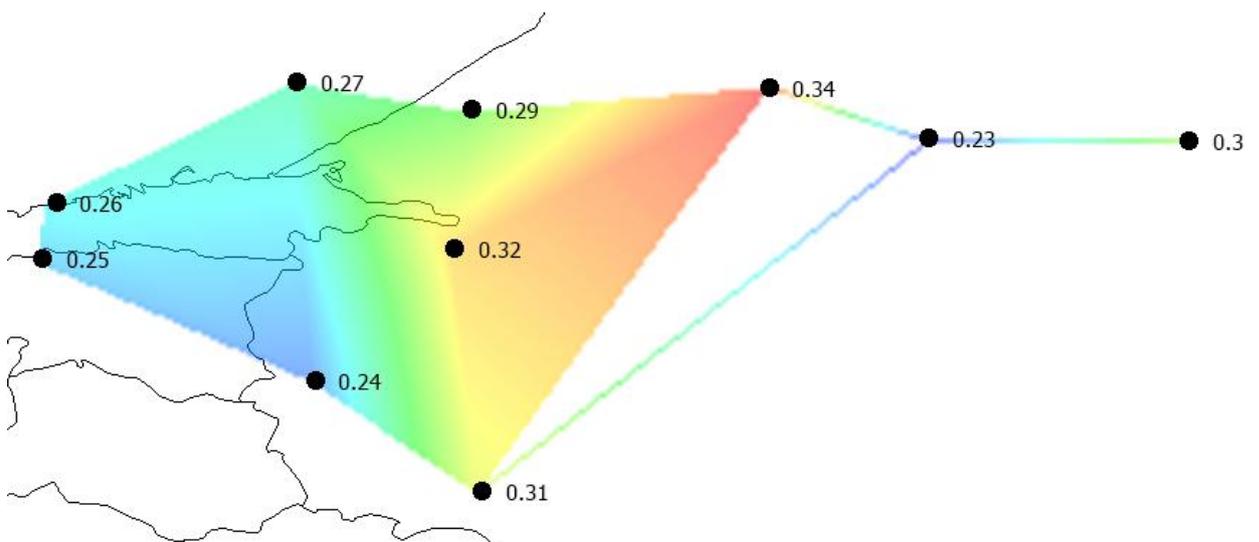


Рисунок 5.1.3 Распределение коэффициентов корреляции модели линейного тренда

Из рисунков видно, что нестационарные модели или близкие к ним имеют место в восточной части территории, а стационарные – в западной.

5.2. Оценка изменения осадков холодного полугодия

Результаты оценки однородности и стационарности осадков октября приведены в табл.5.2.1, а оценки эффективности нестационарных моделей – в табл.5.2.2 и 5.2.3.

Таблица 5.2.1

Результаты оценки однородности и стационарности среднемесячных осадков октября по критериям Диксона (Д), Фишера (Ф) и Стьюдента (Ст).

Станция	Д	Ф	Ст	Год
Великие луки	+	+	+	
Вологда	+	+	+	
Вытегра	+	+	+	
Лаппеенранта	+	+	+	
Петрозаводск	+	+	+	
Псков	+	+	+	
Санкт-Петербург	+	+	+	
Сортавала	+	+	+	
Таллин	+	+	+	
Тарту	+	+	+	
Хельсинки	+	+	+	

Таблица 5.2.1 показывает, что осадки октября за 1900-2018 гг однородны и стационарны.

Таблица 5.2.2

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для
многолетних рядов сумм осадков холодного сезона за октябрь,
рассматриваемой области

пункт	dтр,%	dст,%	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
Великие луки	0.6	1.6	1.01	1.03	1952	1900	2017	97	0.11
Лаптеенранта	1	2.3	1.02	1.05	2006	1900	2017	118	0.14
Петрозаводск	0.9	2	1.02	1.04	1966	1945	2017	73	0.13
Псков	0.5	1.5	1.01	1.03	1923	1900	2017	118	0.1
Санкт-Петербург	0.2	1.1	1	1.02	1966	1900	2017	118	0.06
Сортавала	0.9	1.8	1.02	1.04	1997	1900	2017	117	0.13
Таллин	0.7	1.6	1.01	1.03	1923	1900	2017	118	0.12
Тарту	1.2	2.3	1.02	1.05	1980	1900	2017	118	0.15
Хельсинки	0.4	1.3	1.01	1.03	1980	1900	2017	118	0.09

Таблица 5.2.3

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для
многолетних рядов сумм осадков холодного сезона за октябрь,
рассматриваемой области, с 1960г.

пункт	dтр,%	dст,%	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
Великие луки	0.3	1.4	1.01	1.03	1996	1960	2017	58	0.08
Лаптеенранта	1.2	3.1	1.02	1.06	2006	1960	2017	58	0.16
Петрозаводск	0.4	1.1	1.01	1.02	1977	1960	2017	58	0.09
Псков	0.5	2.4	1.01	1.05	1989	1960	2017	58	0.1
Сортавала	0.1	0.7	1	1.01	1997	1960	2017	58	0.05
Таллин	1.3	2.4	1.03	1.05	1997	1960	2017	58	0.16
Тарту	0.6	2.4	1.01	1.05	1980	1960	2017	58	0.11
Хельсинки	1.6	4.2	1.03	1.09	1980	1960	2017	58	0.18
Санкт-Петербург	2	3.1	1.04	1.07	1986	1966	2018	53	-0.2

Результаты таблиц 5.2.2 и 5.2.3 показывают, что эффективные нестационарные модели осадков отсутствуют.

Результаты оценки однородности и стационарности осадков января приведены в табл.5.2.4, а оценки эффективности нестационарных моделей – в табл.5.2.5 и 5.2.6.

Таблица 5.2.4

Результаты оценки однородности и стационарности среднемесячных осадков января по критериям Диксона (Д), Фишера (Ф) и Стьюдента (Ст).

Станция	Д	Ф	Ст	Год
Великие луки	+	+	+	
Вологда	+	+	+	
Вытегра	+	+	+	
Лаптеенранта	+	+	+	
Петрозаводск	+	+	+	
Псков	+	+	(-)1,7	
Санкт-Петербург	+	+	+	
Сортавала	+	(-)2,4	+	
Таллин	+	+	+	
Тарту	+	+	+	
Хельсинки	+	(+)3,6	+	

Осадки января в общем однородны и стационарны, за исключением условно нестационарных средних значений в Сортавале и условно стационарных в Хельсинки. Дисперсия условно нестационарная во Пскове.

Таблица 5.2.5

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов сумм осадков холодного сезона за январь, рассматриваемой области

пункт	dтр, %	dст, %	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
Лаппеенранта	0.2	2.3	1	1.05	1983	1900	2018	119	0.06
Петрозаводск	0	1.2	1	1.02	1963	1900	2018	119	-0.01
Псков	1.7	5.8	1.03	1.13	1983	1900	2018	119	0.18
Санкт-Петербург	0.5	2.7	1.01	1.06	1983	1900	2018	119	0.1
Сортавала	0.2	2.3	1	1.05	1983	1900	2018	119	0.06
Таллин	0.1	1.6	1	1.03	1981	1900	2018	119	0.04
Тарту	1.4	5.9	1.03	1.13	1990	1900	2018	117	0.17
Хельсинки	0	1.4	1	1.03	1963	1900	2018	119	-0.02

Таблица 5.2.6

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов сумм осадков холодного сезона за январь, рассматриваемой области, с 1960г

пункт	dтр,%	dст,%	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
Великие луки	4.4	7.4	1.09	1.17	1979	1960	2018	59	0.29
Лаппеенранта	3.7	6.1	1.08	1.14	1983	1960	2018	59	0.27
Петрозаводск	11.2	15.2	1.27	1.39	1983	1960	2018	59	0.46
Псков	7.9	10.9	1.18	1.26	1983	1960	2018	59	0.39
Сортавала	1.9	3.9	1.04	1.08	1983	1960	2018	59	0.19
Таллин	4.5	9.1	1.1	1.21	1975	1960	2018	59	0.3
Тарту	12.6	16.7	1.31	1.44	1983	1960	2018	59	0.49
Хельсинки	3.1	7.6	1.06	1.17	1983	1960	2018	59	0.25
Санкт-Петербург	4.4	6.4	1.09	1.14	1979	1966	2018	53	0.29

Из таблиц 5.2.5 и 5.2.6 видно, что нестационарность осадков проявляется только с 1960 г. и трех пунктов: Петрозаводск, Псков, Тарту. Статистически значимыми можно принять 6 коэффициентов корреляции линейного тренда.

Пространственные распределения $d_{тр},\%$, $d_{ст},\%$ и r показаны на рис.5.2.1 – 5.2.3.

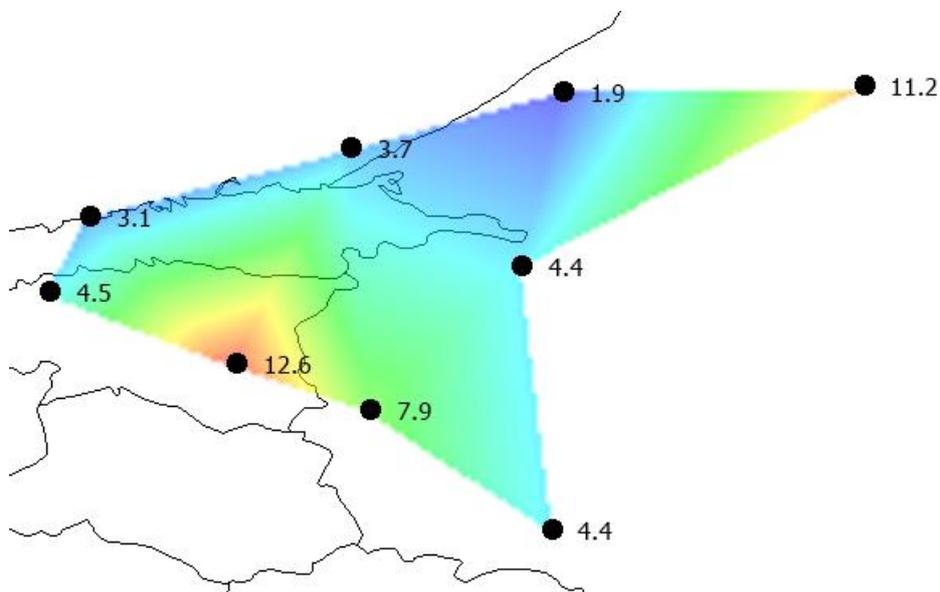


Рисунок 5.2.1 Распределение отклонений модели линейного тренда от стационарной за январь месяц

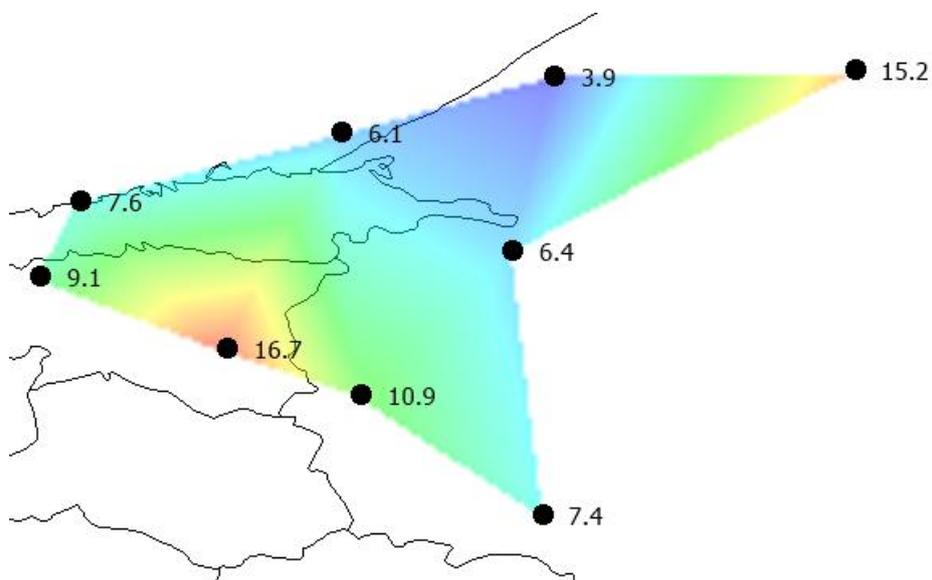


Рисунок 5.2.2 Отклонение модели ступенчатых изменений за январь месяц»

Наблюдается рост на запад и восток от Санкт-Петербурга, а на север снижение.

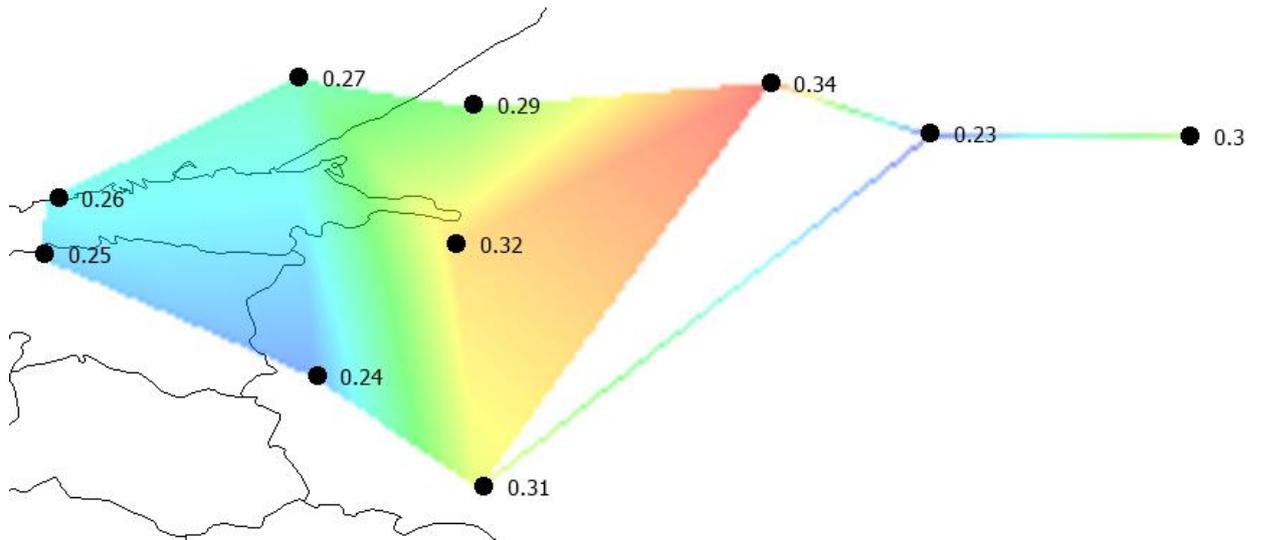


Рисунок 5.2.3 Распределение коэффициентов корреляции модели линейного тренда

Нестационарные модели роста некоторого роста осадков имеют место на востоке территории, а стационарные – на западе.

Заключение:

По выполненной работе можно сделать следующие выводы.

1. Как следует из построенных пространственных распределений температур Северо-Западного региона, Санкт-Петербург не выделяется своими климатическими особенностями на фоне общих территориальных закономерностей. Температуры апреля и июля по территории имеют хорошо выраженную зональность и убывают с юга на север. Осенью температуры убывают закономерно с юго-запада на северо-восток, а зимой имеет место не широтное, а долготное распределение температур, когда наибольшие из них наблюдаются на западе территории, а наименьшие на востоке.
2. Осадки октября, которые с северо-запада от моря на юго-восток. В декабре территориальный минимум осадков находится на северо-востоке и юге территории и около моря их также больше. Аналогичная ситуация и в апреле, когда территория хорошо делится на 2 части: западную у моря, где больше осадков и восточную более континентальную с меньшим количеством осадков. В июле же получилось больше осадков на юго-востоке и меньше на северо-западе.
3. Исследование климатических изменений температур воздуха в разные сезоны года как в Санкт-Петербурге, так и на окружающей территории показало следующее. Наиболее существенный рост температур имеет место весной (апрель) практически на всех метеостанциях региона, за исключением самых северных (Вологда и Лаппеенранта) и этот рост относится в большинстве случаев к 1989 г. Летом (июль) климатические повышения температур не велики наблюдаются только на юге и западе, а на севере их нет. Осенью (октябрь) проявления изменений климата отсутствуют как в Санкт-Петербурге, так и по территории. Зимой (январь) число нестационарных моделей увеличивается, включая и Санкт-Петербург и они имеют место в восточной части территории, а стационарные – в западной. В

целом же Санкт-Петербург по современным климатическим изменениям температуры воздуха не отличается от окружающей его территории.

4. Проявления современных изменений климата в рядах осадков как в Санкт-Петербурге, так на метеостанциях окружающей территории практически не наблюдается. Выявлено только некоторое повышение осадков зимнего периода (январь) и в основном в восточной части территории, в которую Санкт-Петербург не входит. Поэтому осадки всех сезонов года в Санкт-Петербурге можно считать стационарными.

Список использованной литературы:

1. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В., Раевский А.Н., Смекалова Л.К., Школьный Е.П. Климатология. –Л.: Гидрометеоиздат, 1989. –568с.
2. Исаченко, Резников, Ландшафты Санкт-Петербурга: эволюция, динамика, разнообразие. -2014.-52с.
3. Дымников В.П., Лыкосов В.Н., Володин Е.М. Моделирование климата и его изменений. –М.: Наука, 2006. –173с.
4. Закс Л. Статическое оценивание. –М.: Статистика, 1976. –598с.
5. Лобанов В.А., Смирнов И.А., Шадурский А.Е., Практикум по климатологии Часть 1, 2011г. – 144с
6. Лобанов В.А., Смирнов И.А., Шадурский А.Е., Практикум по климатологии Часть 2, 2012г.- с. 178, Санкт-Петербург.
7. Лобанов В.А., Методические указания «Оценка современных региональных изменений климатических характеристик», Санкт-Петербург 2018г., 90с.
8. Рекомендации по статическим методам анализ однородности пространственно-временных колебаний речного стока. –Л.: Гидрометеоиздат, 1984. –78с.

- 9.Хромов С.П., Петросянц М.П. Метеорология и климатология. –М.: Изд-во МГУ, 2001, –528с.
10. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование / А.Г. Исаченко // М.: Высшая школа, 1991. - 366 с.
11. MapInfo Professional. Руководство пользователя (полное). –MapInfo Corporation, Troy, New York,2003. –726с.
12. Stocker.T.F, D.Qin, G.-K.Plattner, M.Tignor, S.K.Allen, J.Boschund, A.Nauels, Y.Xia, V.Bex and P.M.Midgley, The Physical Science Basis Contribution of Working Group 1 to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (1535pp, Cambridge University Press,Cambridge,United Kingdom, and New York, NY, USA).