



## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Физико-географические особенности Причерноморья .....	4
1.1 Административное деление.....	4
1.2 Географическое положение исследуемого региона.....	6
1.3 Рельеф и почвы .....	7
1.4 Климатические особенности .....	7
1.5 Гидрологическое и геологическое описание.....	9
2. Формирование базы данных и анализ ее качества .....	11
2.1 Выбор информации из архивов климатических данных.....	11
2.2 Анализ однородности и стационарности исходной информации по рядам климатических характеристик .....	12
2.3 Восстановление пропусков и приведение рядов к многолетнему периоду с оценкой эффективности приведения и качества восстановленных данных .....	20
2.4 Пространственное обобщение норм климатических характеристик по территории.....	25
3. Оценка климатических изменений многолетних рядов температур.....	30
3.1 Расчет параметров основных моделей временных рядов .....	30
3.2 Пространственное обобщение полученных параметров нестационарных моделей по территории .....	39
4. Оценка климатических изменений многолетних рядов осадков.....	48
4.1. Расчет параметров основных моделей временных рядов .....	48
4.2. Пространственное обобщение полученных параметров нестационарных моделей по территории .....	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	68
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	69

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с наблюдаемым климатическим изменением в мире, исследование и оценка климатического состояния чрезвычайно актуальны, даже если речь идет об отдельном регионе, так как это позволяет дополнить общую картину происходящих изменений в целом, а также выявлению процессов сопутствующих этому явлению. Изложенному выше как раз и посвящён данный проект.

В первой главе рассматриваются климатические и географические особенности исследуемого региона, а именно Черноморского побережья Краснодарского края. Формирование базы данных и анализ ее качества, так необходимых для исследования, изложено во второй главе бакалаврского проекта. Цель дипломного проекта представлена в третьей и четвертой главе - оценка климатических изменений многолетних рядов.

В ходе дипломного проектирования для анализа и оценки сумм осадков, а также температур воздуха на территории Черноморского побережья юга России были выбраны следующие метеостанции: Темрюк, Тамань, Краснодар, Анапа, Новороссийск, Геленджик, Туапсе, Джугба, Горячий ключ, Армавир, Сочи, Красная поляна, Адлер; т.е. города, которые покрывают практически всю исследуемую территорию.

Предполагается проанализировать режим осадков и температур в этих пунктах за период с 1890 по 2018 год, а также за последний современный период с 1960 по 2018 год. Главная же задача – это выявить изменения гидрометеорологических параметров, происходящие в исследуемой области за данный период и сделать выводы об установленных изменениях..

# 1. Физико-географические особенности Причерноморья

## 1.1 Административное деление

Черноморское побережье Краснодарского края включает в себя 2 административных района и 4 муниципальных образования. К административным районам относятся: Темрюкский район и Туапсинский муниципальный район.

Темрюкский район.

Административный центр Темрюкского района — город Темрюк.

Темрюкский район расположен в северо-западной части края, занимая всю территорию Таманского полуострова и частично территорию дельты Кубани. Большую часть границ района составляет береговая линия, на юго-западе — Чёрного моря, на севере — Азовского, на западе Керченского пролива, через который проходит административная граница с Керчью (Крым). Общая протяжённость береговой линии 250 км, из них 220 км песчаных пляжей. Территория Темрюкского района граничит также со Славянским, Крымским районами края и городом-курортом Анапой[2].

Площадь района составляет 1957 км<sup>2</sup> (или 2,6 % от всей территории Краснодарского края), из них большую часть занимают солёные и пресные лиманы, плавни и ерики дельты Кубани. Пляжи Азовского моря — мелкая ракушка с примесью кварцевого песка, черноморские пляжи Таманского полуострова — песчаные, общая площадь пляжей — около 7 тысяч км<sup>2</sup>[11].

На территории района расположен ряд грязевых вулканов, источники минеральных вод и лечебные грязи. Число солнечных дней — 235 в году[10].

Туапсинский муниципальный район

Административный центр — город Туапсе.

Туапсинский район расположен на юге Краснодарского края, в центральной части Черноморского побережья Кавказа — курортной зоны

России. Рельеф гористый, горы подступают вплотную к береговой линии Черного моря.

Граничит с городом-курортом Геленджик на северо-западе, с Северским районом и городом-курортом Горячий Ключ на севере, с Апшеронским районом на востоке и с городом-курортом Сочи на юге. На западе земли района омываются водами Чёрного моря[19].

Протяжённость района вдоль Черноморского побережья с севера на юг составляет — 80 км, с запада на восток — 45 км. Площадь района составляет 2366 км<sup>2</sup>, 87 % всей площади района занято реликтовыми лесами.

Абсолютные высоты Главного Кавказского хребта в пределах района с северо-запада на юго-восток возрастают с 700 м до 1634 м. При этом перевалы северо-западнее горы Индюк не превышают 518 м, два из них, по которым проложены магистральные автодороги, имеют отметки 355 и 336 м. Юго-восточнее горы Индюк перевалы расположены на высотах от 900 до 1255 м и популярны для пеших туристических походов[2].

Гидрографическая сеть представлена большим количеством рек стекающих с южного склона Главного Кавказского хребта в Чёрное море. Тремя наиболее крупными реками Туапсинского района являются — Шапсухо (41 км), Туапсе(43 км) и Нечепсухо (29 км). Также свои речные бассейны имеют реки — Бжид, Джубга, Секуа, Пляхо, Ту, Небуг, Агой, Паук, Дедеркой, Шепси и ряд более мелких рек. В верховьях рек расположены большое количество водопадов и порогов. Также имеются минеральные источники. Крупнейшим озером на территории района является — озеро Хыжи[14].

К муниципальным образованиям в свою очередь относятся: город-курорт Анапа, город Новороссийск, город-курорт Геленджик, а также город-курорт Сочи[19].

Анапа — курортный город на юге России, расположен на побережье Чёрного моря в Краснодарском крае. Город краевого подчинения и административный центр муниципального образования - город-курорт Анапа

Новороссийск — город на юге России, в Краснодарском крае. Административный центр муниципального образования город Новороссийск. Расположен на юго-западе края, у побережья Цемесской (Новороссийской) бухты Чёрного моря.

Геленджик город на юге России. Административный центр муниципального образования город-курорт Геленджик. Крупный курорт на Черноморском побережье Кавказа. С 23 марта 2001 года является курортом федерального значения.

Сочи также является городом-курортом, расположен на северо-восточном побережье Чёрного моря (Черноморское побережье России) в Краснодарском крае, на расстоянии 1620 км от Москвы[19].

## **1.2 Географическое положение исследуемого региона**

Исследуемый ареал располагается вдоль Черноморского побережья Краснодарского края. Его территория включает в себя следующие города: Адлер, Красная поляна, Сочи, Туапсе, Джугба, Армавир, Краснодар, Новороссийск, Геленджик, Анапа, Тамань, Темрюк.

Климат Черноморского побережья России во многом определяется рельефом данной территории, местной фауной, наличием и расположением акватория. Климатообразующими факторами являются температурно-влажностный режим, воздухообмен, естественная инсоляция и другие факторы. Протяженность черноморского побережья России от Таманского полуострова до Адлера составляет около 400 км с учётом изрезанности береговой линии. Российский участок Черноморского побережья Кавказа расположен в крайней северной части субтропического пояса. На Черноморском побережье России выделяются следующие типы климатов: на участке от Тамани до Анапы умеренный морской, на участке от Анапы до Туапсе - средиземноморский климат, от Туапсе до Адлера и далее за пределы России - субтропический влажный.[15] Причиной формирования этих двух различных типов климата

является рельеф, точнее - высота гор. До Туапсе их высота не поднимается выше 1000 м, после Туапсе высота гор достигает 3000 и более метров. Для Черноморского побережья характерен жаркий влажный климат. Его особенности влияют на создание рекреационной среды и привлечение отдыхающих в летний период времени. Разнообразие и сложность рельефа, наличие незамерзающего Черного моря и отрогов Большого Кавказского хребта, значительные колебания высот в сочетании с сезонными особенностями циркуляции атмосферы создают большое разнообразие в температурном режиме территории[13].

### **1.3 Рельеф и почвы**

Основную часть почвенного покрова степной зоны края составляют предкавказские карбонатные и выщелоченные чернозёмы. Таманский полуостров занят каштановыми, западно-предкавказскими болотными почвами. В горах — горно-лесные бурые и дерново-карбонатные почвы, в высокогорье — горно-луговые[10].

Общая земельная площадь Краснодарского края составляет 7,5 миллионов гектаров, из них пашни — 3,9 млн га. Это основной пахотный фонд края, отличающийся высоким плодородием[11].

### **1.4 Климатические особенности**

На всей протяженности Черноморского побережья России имеют место различные климатические характеристики. В связи с этим можно выделить несколько климатических районов, главные из которых - это северный Черноморский и Сочинский субтропические районы. Северный Черноморский район представлен узкой полосой, находящейся между горами и Чёрным морем, от Анапы до Туапсе. Средняя температура января от 0 до +3°C.

Количество осадков возрастает с 750мм (Анапа) до 1100мм (Джубга). Солнечных дней в году 230-250. Зима мягкая сырая и ветреная. Лето солнечное, очень теплое, характерно высокими температурами [16]. Сочинский субтропический район располагается между Туапсе и Адлером. Главный Кавказский хребет защищает этот район от холодных северо-восточных ветров, а теплые юго-западные морские ветры создают здесь климат субтропиков. В году приблизительно 230 солнечных дней, среднегодовая температура 13-14°C, средние температуры января выше нуля и достигают 5-6°C[17]. Количество осадков 1500-300 мм в год. Лето солнечное и теплое. Зима мягкая, облачная, с частыми и обильными осадками. Рельеф района резко изменяется по высоте при движении с северо-запада на юго-восток. Около 45% площади города Сочи составляет предгорье высотой от 100 до 550м, 15% приходится на горную часть рельефа, местами выходящую непосредственно к берегу моря. Адлерский район расположен в низменной долине, где склоны крутые, изрезаны балками и оврагами. Лазаревский район имеет протяжённость вдоль берега 70 км. Территория района представляет собой чередование речных долин и холмов, переходящих в горы различной высоты. Склоны долин изрезаны поперечными оврагами и балками[14].

В течение всего года типичны резкие изменения погоды; значительны месячные, сезонные и многолетние колебания температур. Для предгорной области характерны фёны, способствующие быстрому сходу снега весной и увеличению паводков на реках. В районе Анапа - Новороссийск - Туапсе типична северо-восточная бора (северо-восточный ветер). Условия для боры создаются, когда над морем располагается область низкого давления, а на суше давление быстро повышается. Такая ситуация приводит к тому, что холодный воздух, пересекает Маркотхский перевал высотой 450 м, направляется к морю и, пройдя над Цемесской бухтой, с огромной силой устремляется на город. Для боры характерны высокая скорость и сильные порывы ветра. Среднее количество дней с борой 21 из них 18 в холодное полугодие[18]. Из неблагоприятных природных явлений наблюдаются заморозки, засухи,

пыльные бури, град, гололед, туманы, мгла. На Черноморском побережье образуются смерчи, сопровождающиеся обильными осадками и паводками[15].

Зимы обычно неустойчивые, с оттепелями, повышением температуры воздуха до 15°C и морозами до -39°C. Снежный покров на равнинах обычно маломощный (до десяти сантиметров) и неустойчивый. В высокогорьях средняя мощность снежного покрова достигает 2,8 м и более. В горах высокая лавиноопасность (особенно в верховьях рек Сочи и Мзымта). Среднегодовое количество осадков в районе города Сочи составляет 1400 мм. Наиболее увлажнены юго-западные склоны Большого Кавказа[18].

### **1.5 Гидрологическое и геологическое описание**

Главный водный объект рассматриваемой территории – Черное море (413 488 км<sup>2</sup>). Оно больше Азовского почти в 11 раз. Наибольшая длина его 1130 км, ширина около 600 км, длина береговой линии 4090 км, объем массы воды 537 000 км<sup>3</sup>, средняя глубина 1271 м, максимальная 2245 м. Берега Краснодарского края омываются Черным морем на протяжении 380 км, начиная от мыса Тузла Таманского полуострова заканчивая Адлером (с. Веселое)[7].

Для черноморских вод береговой зоны характерно незначительное колебание уровенной поверхности. Преимущественно в пределах 16 промилле находится соленость. Годовая вариация температуры составляет 1 - 28°C. Ледообразование не происходит, однако в северо-западной части региона при зимних северо-западных и северных ветрах наблюдается обледенение судов и портовых причалов. Огромное количество рек и ручьев впадают в Черное море. Преобладающая их часть является временными водотоками, которые пересыхают в период засухи[15].

На крайнем севере береговая линия Черноморского побережья извилистая, низинная, имеется множество болот (дельта Кубани), пресных озёр и солоноватых лиманов (Витязевский лиман и другие). Заметны песчаные косы,

отмели, наносы, плавни, острова, полуострова (Тамань). После Анапы берега принимают горный характер, имеются две крупные бухты-порты (Новороссийская бухта и Геленджикская бухта). После Геленджика берег имеет ровный характер, прерываясь лишь устьями и конусами выноса небольших рек, стекающих с Кавказского хребта в Чёрное море. Местами берег обрывист и скалист, выделяются Орлиные скалы близ города Сочи. Отличительная особенность Черноморского побережья России - наличие здесь нескольких типов пляжей на относительно коротком 400-километровом участке[12].

Водные ресурсы Черноморского побережья значительны, но распределены они по территории неравномерно. Одна часть района имеет густую речную сеть, другая - водными ресурсами бедна. Агропромышленный комплекс даёт 50% продукции района. Это единственный в стране район, где выращивают субтропические культуры: чай, гранаты, цитрусовые, хурма, инжир. Благоприятные и разнообразные почвенно-климатические условия позволяют выращивать на территории района различные сельскохозяйственные культуры, главные из которых - озимая пшеница и кукуруза. Среди технических культур основная - подсолнечник (Краснодарский край). Черноморское побережье - крупный район виноградарства; здесь находятся почти все виноградники России. Животноводство отличается высоким уровнем развития. По поголовью скота и его продуктивности это один из передовых районов страны[14].

## 2. Формирование базы данных и анализ ее качества

### 2.1 Выбор информации из архивов климатических данных

Для выполнения работы выбрана территория Причерноморья и в качестве исследуемых климатических характеристик среднемесячные температуры воздуха и суммы месячных осадков на 13 метеостанциях.

Многолетние ряды климатических характеристик получены со следующих сайтов:

- Российский сайт «Погода и климат»  
<http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?id=ru&region=23>; [1]

- сайта Королевского метеорологического института Нидерландов  
<http://climexp.knmi.nl/selectstation.cgi?someone> д - сайт ВНИИГМИ-МЦД [3]

Для представления метеостанций на карте сформирован геоинформационный слой координат станций с помощью ГИС MapInfo из файла метаданных, содержащего код метеостанции, название, широту и долготу. Расположение метеостанций показано на рис.2.1.

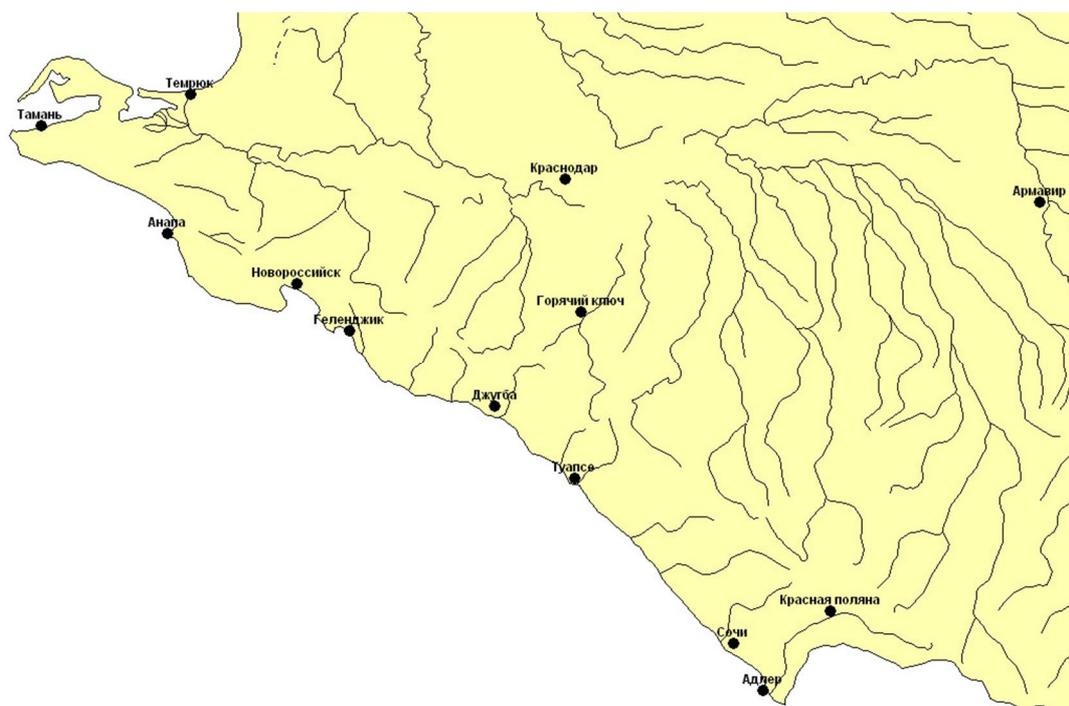


Рис.2.1. Расположение выбранных метеостанций на территории Причерноморья

В результате были сформированы 2 региональные БД по температурам воздуха и осадкам. Средствами СУБД ПК «Гидрорасчеты» получены информационные характеристики сформированных региональных БД температур воздуха и осадков на метеостанциях Причерноморья, которые приведены в Табл.2.1

Таблица 2.1

Названия, координаты и продолжительности рядов наблюдений за  
среднемесячными температурами воздуха и осадками

Код поста	Наименование	Широта, град	Долгота, град	Температура		Осадки	
				период	кол-во лет	период	кол-во лет
34915	Темрюк	45.32	37.38	1961 - 2018	43	1936 - 2018	75
34917	Тамань	45.22	36.72	1961 - 2018	18	1973 - 2018	11
34927	Краснодар	45.05	39.03	1881 - 2018	137	1938 - 2018	80
37001	Анапа	44.88	37.28	1959 - 2018	60	1959 - 2018	60
37004	Геленджик	44.57	38.08	1959 - 2018	50	1959 - 2018	54
37006	Новороссийск	44.72	37.85	1872 - 2018	34	1987 - 2018	28
37009	Джугба	44.33	38.72	1959 - 2018	44	1959 - 2018	51
37014	Горячий ключ	44.63	39.10	1973 - 2018	39	1936 - 2018	77
37018	Туапсе	44.10	39.07	1903 - 2018	116	1936 - 2018	78
37031	Армавир	44.98	41.12	1932 - 2018	87	1936 - 2018	83
37099	Сочи	43.58	39.77	1870 - 2018	148	1875 - 2018	139
37107	Красная поляна	43.68	40.20	1936 - 2018	83	1936 - 2018	83
37171	Адлер	43.43	39.90	1959 - 2018	53	1959 - 2018	56

Как следует из табл.2.1, все ряды наблюдений заканчиваются 2018 годом, что позволяет оценить современные изменения климата по последний год наблюдений включительно. Продолжительность рядов разная: от 11-18 лет на метеостанции Тамань до 139-148 лет на метеостанции Сочи, что обосновывает необходимость и возможность приведения рядов к многолетнему периоду на основе более продолжительных наблюдений в пунктах-аналогах.

## **2.2 Анализ однородности и стационарности исходной информации по рядам климатических характеристик**

Анализ проводился по программе «Однородность», предназначенной для оценки резко отклоняющихся экстремальных значений в эмпирическом распределении по статистическим критериям Диксона и Смирнова-Граббса и

для оценки стационарности основных параметров временных рядов гидрологических характеристик: средних значений и дисперсий по статистическим критериям Стьюдента и Фишера[4].

Результаты оценки однородности и стационарности месячных сумм осадков с января по декабрь, по критериям Диксона (д), Фишера (ф) и Стьюдента (с) на метеостанциях Причерноморья юга России приведены в таблицах 2.2 и 2.3.

Таблица 2.2

Результаты оценки однородности и стационарности многолетних рядов месячных сумм осадков

Код поста	Наименование	Месяцы					
		1	2	3	4	5	6
		д ф с	д ф с	д ф с	д ф с	д ф с	д ф с
34915	Темрюк	+++	+++	+++	+++	+++	+ (-)1.8 +
34927	Краснодар	+++	+++	+++	(+)3.7 ++	+++	(+)3.6 - +
37001	Анапа	+++	+++	++ (-)1.9	+++	+++	+++
37004	Геленджик	+++	+++	+++	+++	+++	+ (+)4.1 +
37006	Новоросси йск	+++	+++	+++	+++	+++	+++
37009	Джугба	+ (+)4.6 +	+++	+++	+++	+++	+ (-)2.5 -
37014	Горячий ключ	+++	++ -	-(1989) - +	+++	+++	+++
37018	Туапсе	+++	+++	+++	+++	+ (+)4.6 +	+++
37031	Армавир	+++	+++	+++	+++	+ - (+)3.9	+++
37099	Сочи	+ (-)1.2 +	+ (-)1.8 +	+ - +	+ - +	+++	+++
37107	Красная поляна	+++	+++	+++	+++	+ - +	+++
37171	Адлер	+++	+++	+++	++ (+)4.4	(-)2.6 (+)3.5 +	+++

Таблица 2.3

Результаты оценки однородности и стационарности многолетних рядов месячных сумм осадков

Код поста	Наименование	Месяцы					
		7	8	9	10	11	12
		д ф с	д ф с	д ф с	д ф с	д ф с	д ф с
34915	Темрюк	+ - +	+++	+++	+ (-)2.5 +	+++	+++
34927	Краснодар	+++	+++	++ (+)3.6	+++	+++	+++
37001	Анапа	+++	+++	+++	+ (-)2.4 +	+++	+++

37004	Геленджик	+ (-)1.2 +	+ + +	+ - +	+ - +	+ + +	+ + +
37006	Новороссийск	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +
37009	Джугба	+ + +	+ + +	+ (+)4.1 +	+ + +	+ + +	+ + +
37014	Горячий ключ	+ + +	+ + +	+ + +	+ (-)1.9 +	+ + +	+ + +
37018	Туапсе	+ - +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +
37031	Армавир	+ - +	+ (+)4.5 +	+ - +	+ + +	+ + +	+ + +
37099	Сочи	(+)3.8 - +	-(1960) - +	+ + +	+ + +	+ + +	+ (-)1.6 +
37107	Красная поляна	+ (+)4.9 +	+ (+)3.6 +	+ (-)1.2 +	+ + +	+ + +	+ + +
37171	Адлер	+ + +	+ - (-)1.5	+ + +	+ + +	+ + +	+ (+)4.9 +

Всего по критерию Диксона проанализировано 144 эмпирических распределения (12 метеостанций x 12 месяцев) из них:

- количество «(+)» (количество случаев когда уровень значимости соответствует расчетному значению статистики критерия) равно 3, что составляет 2,08 % от общего числа,
- количество «(-)» (условное отклонение гипотезы однородности) равно 1, что составляет 0,69 %,
- количество «-» (отклонение гипотезы однородности) равно 2, что составляет 1,38 %,
- количество «+» (принятие гипотезы однородности) равно 138, что составляет 95,83 %.

Поэтому можно сделать вывод, что эмпирические распределения осадков практически все являются однородными и в них отсутствуют неоднородные экстремумы.

По критерию Фишера также было проверено 144 ряда м в результате:

- количество «(+)» равно 9, что составляет 6,25 % от общего числа,
- количество «(-)» равно 9, что составляет 6,25 %,
- количество «-» равно 12, что составляет 8,3 %,
- количество «+» (принятие гипотезы однородности) равно 114, что составляет 79,16 %.

Таким образом, гипотезу о стационарности дисперсий по критерию Фишера можно принять в 87% случаев и полностью отклонить только в 6% случаев.

По критерию Стьюдента также было проверено 144 ряда м в результате получено:

- количество «(+)» равно 3, что составляет 2,08 % от общего числа,
- количество «(-)» равно 2, что составляет 1,38 %,
- количество «->» равно 2, что составляет 1,38 %,
- количество «+» равно 137, что составляет 95,13 %.

Таким образом, гипотезу о стационарности средних значений по критерию Стьюдента можно принять в 96% случаев и полностью отклонить только в 1% случае.

Проведенное исследование по оценке однородности и стационарности с помощью статистических критериев является предварительным этапом, который позволяет оценить имеются ли в рядах статистически значимые изменения при формальном разделении ряда на две равные части. В результате такого исследования в основном получено, что осадки в больше степени являются стационарными.

Примеры отдельных нестационарных рядов по средним и дисперсиям приведены на Рис.2.2 и Рис.2.3.

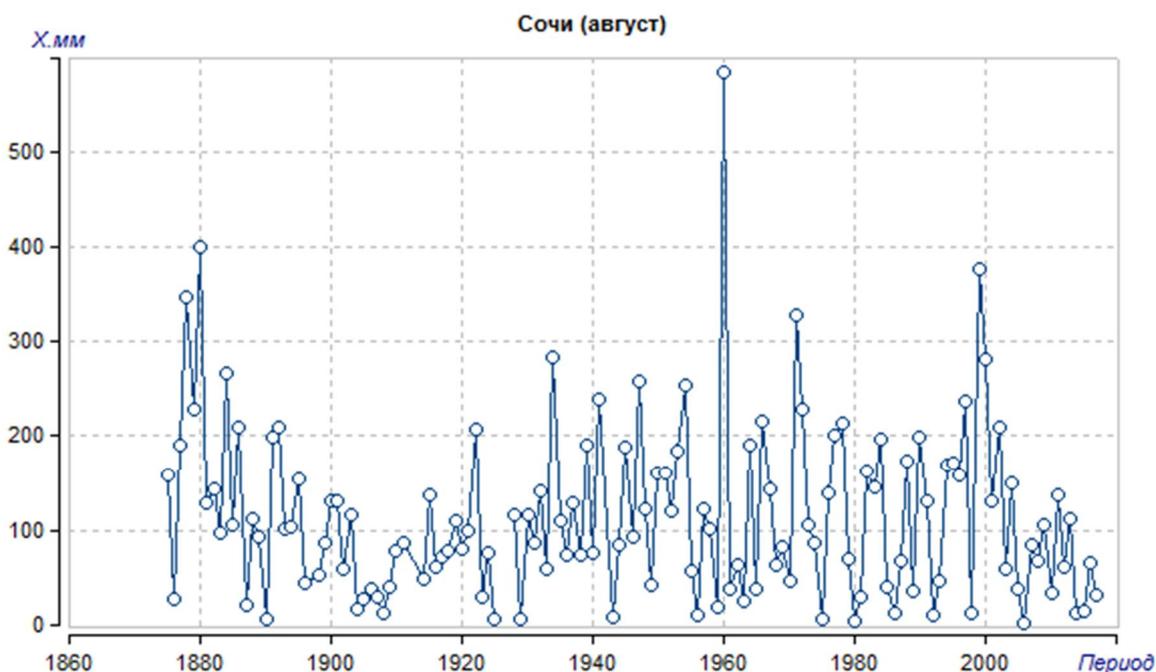


Рисунок 2.2. Многолетний ряд осадков августа на метеостанции Сочи.

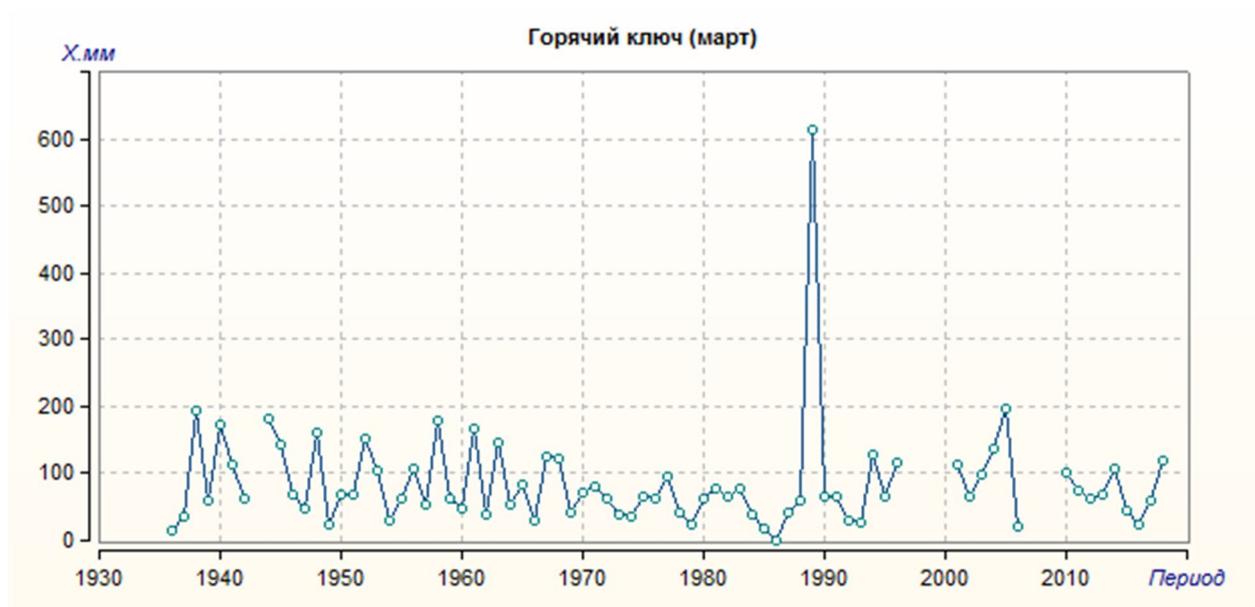


Рисунок 2.3 Многолетний ряд осадков марта на метеостанции Горячий Ключ.

Аналогичные расчеты по оценке однородности и стационарности проведены и для рядов среднемесячных температур воздуха с января по декабрь и обобщенные результаты приведены в Табл.2.4 и Табл. 2.5.

Таблица 2.4

Результаты оценки однородности и стационарности многолетних рядов среднемесячных температур воздуха

Код поста	Наименование	Месяцы					
		1	2	3	4	5	6
		д ф с	д ф с	д ф с	д ф с	д ф с	д ф с
34915	Темрюк	+++	+++	+++	+++	+++	+++
34927	Краснодар	++-	++-	+++	++-	+++	++-
37001	Анапа	+++	+++	++(-)2.9	+++	+++	+++
37004	Геленджик	+++	+ - +	+++	+ - +	++(-)1.7	+++
37006	Новороссийск	+ (+)4.7 +	+++	+++	+++	++-	++-
37009	Джугба	+ (+)2.5 +	+++	+++	+++	+++	+++
37014	Горячий ключ	+++	+++	+++	+++	++ (+)3.6	+++
37018	Туапсе	+++	+++	++(-)2.4	++-	+++	++(-)2.1
37031	Армавир	+ - -	+++	++-	++ (+)3.0	+(-)2.5 +	+++
37099	Сочи	+++	+++	+++	++ (+)3.6	+++	+++
37107	Красная поляна	+ (+)3.9 +	+++	++(-)2.4	+++	+(-)1.3 +	+++
37171	Адлер	+++	+++	+(-)1.1 +	+++	++(-)2.9	+(-)1.9(+ )3.4

Результаты оценки однородности и стационарности многолетних рядов  
среднемесячных температур воздуха

Код поста	Наименование	Месяцы					
		7	8	9	10	11	12
		д ф с	д ф с	д ф с	д ф с	д ф с	д ф с
34915	Гемрюк	++(+) 3.5	++(-) 2.3	++(+) 3.8	+++	+++	+++
34927	Краснодар	+++	+(-) 2.2 +	++(+) 3.3	+++	++(-) 1.9	+(-) 1.3 (-)
37001	Анапа	++-	++-	+(+) 4.8(+)	+(+) 4.7(+)	+ - +	+++
37004	Геленджик	++(+) 3.1	+ - +	+ - +	+ - +	+ - +	+ - +
37006	Новороссийск	+ (+) 4.4 +	++(+) 3.8	++(-) 2.3	+ - +	+++	+++
37009	Джугба	++(-) 1.7	++(-) 1.2	+(-) 1.9 (-)	+ (+) 4.7 +	+(-) 1.3 +	+++
37014	Горячий ключ	++(-) 2.5	++-	+ (+) 4.6 -	+++	+++	+ (+) 4.6 +
37018	Туапсе	+ (+) 4.7 (-)	+(+) 4.6(+) 4.3	+++	+++	+++	+++
37031	Армавир	+++	+++	+++	+++	+++	+++
37099	Сочи	+++	+(-) 1.9 +	+++	++(-) 2.0	+++	+++
37107	Красная поляна	++-	+ (+) 4.0(-) 1.3	++(-) 2.8	+ (+) 4.0 +	+++	-(2010) ++
37171	Адлер	++-	++-	+ (+) 4.0 -	++-	++ (+) 4.8	+++

Всего по критерию Диксона проанализировано 144 эмпирических распределения (12 метеостанций x 12 месяцев) из них:

- количество «(+)» равно 0, что составляет 0 % от общего числа,
- количество «(-)» равно 0, что также составляет 0 %,
- количество «-» равно 1, что составляет 0,69 %,
- количество «+» равно 143, что составляет 99,3%.

Поэтому можно сделать вывод, что эмпирические распределения температур воздуха являются однородными и в них отсутствуют неоднородные экстремумы.

По критерию Фишера также было проверено 144 ряда м в результате:

- количество «(+)» равно 14, что составляет 9,7 % от общего числа,
- количество «(-)» равно 9, что также составляет 6,25 %,

- количество «-» равно 10, что составляет 6,94 %,
- количество «+» равно 111, что составляет 77,08 %.

Таким образом, гипотезу о стационарности дисперсий по критерию Фишера можно принять в 87% случаев и полностью отклонить только в 7% случаев, практически также, как и для рядов осадков.

По критерию Стьюдента также было проверено 144 ряда м в результате получено:

- количество «(+)» равно 13, что составляет 9,02 % от общего числа,
- количество «(-)» равно 17, что также составляет 11,08 %,
- количество «-» равно 18, что составляет 12,5 %,
- количество «+» равно 96, что составляет 66,6 %.

Таким образом, гипотезу о стационарности средних значений по критерию Стьюдента можно принять только в 76% случаев, а полностью отклонить в 11% случаев.

Поэтому в данном случае получено, что многолетние ряды температур воздуха являются менее стационарными по средним значениям, чем многолетние ряды осадков и эту нестационарность надо исследовать более детально.

Примеры отдельных нестационарных рядов по средним и дисперсиям приведены на Рис.2.4 – 2.6.

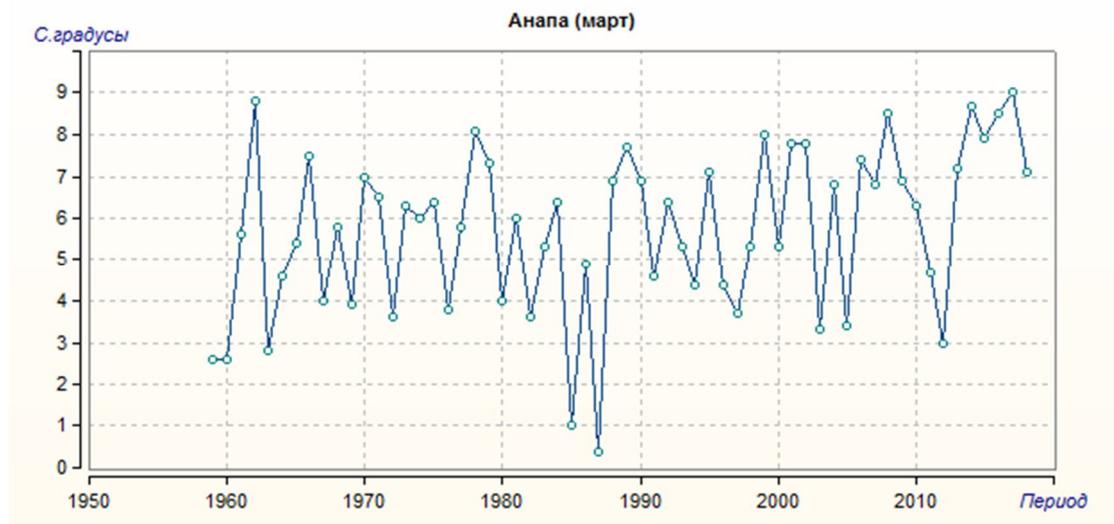


Рисунок 2.4 Многолетний ряд температур марта на метеостанции Анапа.

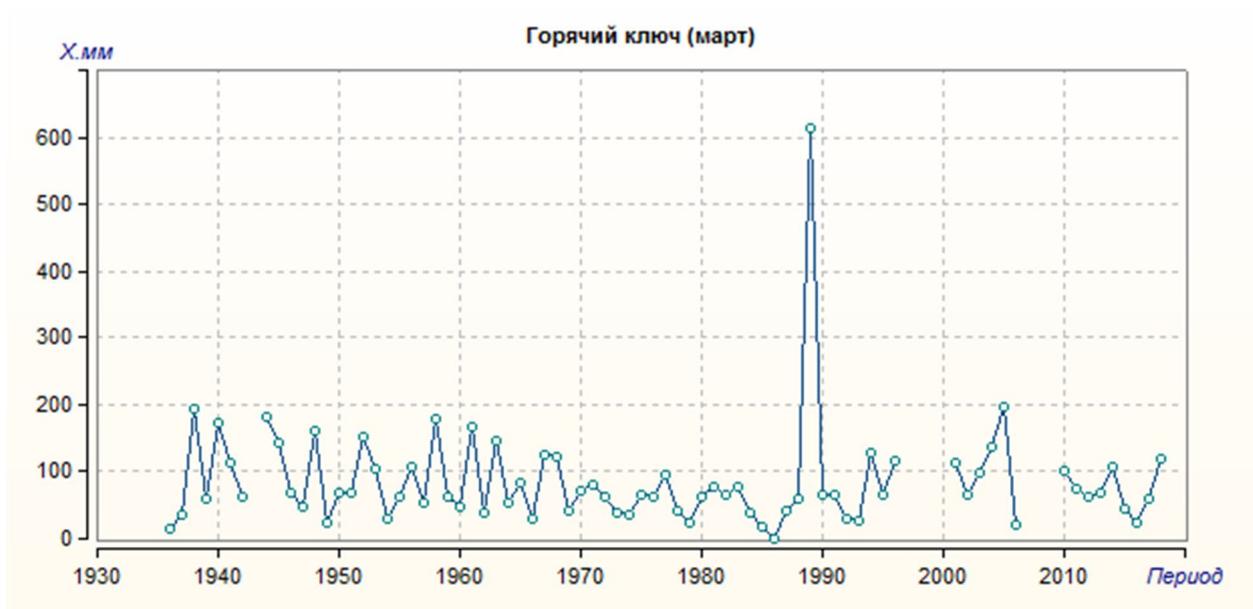


Рисунок 2.5. Многолетний ряд температур марта на метеостанции Горячий Ключ.



Рисунок 2.6. Многолетний ряд температур декабря на метеостанции Красная Поляна.

### 2.3 Восстановление пропусков и приведение рядов к многолетнему периоду с оценкой эффективности приведения и качества восстановленных данных

Восстановление пропусков и приведение непродолжительных рядов наблюдений осадков с января по декабрь к многолетнему периоду на метеостанциях рассматриваемой территории осуществлялось по программе «Аналог» ПК «Гидрорасчеты» [5]. Для расчета были заданы следующие значения параметров:

- минимальный совместный период наблюдений 10 лет,
- минимальное количество аналогов в уравнении 3,
- минимальное допустимое значение коэффициента корреляции 0,7,
- среднее отношение коэффициента уравнения регрессии к его среднеквадратической ошибке 2.0,
- поставлена отметка по исключению отрицательных расчетных значений, что необходимо такой климатической характеристики как осадки.

Основные результаты после завершения расчетов представлены в таблице.2.6 и таблице 2.7, где  $n$  – продолжительность фактических наблюдений,  $N$  – продолжительность ряда после процедуры восстановления пропусков и приведения к многолетнему периоду.

Таблица 2.6

Результаты оценки приведения непродолжительных рядов осадков к многолетнему периоду

Код поста	Наименование	Длина выборки	Месяцы					
			1	2	3	4	5	6
34915	Темрюк	n	71	72	72	72	72	72
		N	83	80	81	81	72	74
34917	Тамань	n	10	11	11	11	11	11
		N	77	82	68	130	65	65
34927	Краснодар	n	78	77	78	78	77	79
		N	83	83	81	81	77	83
37001	Анапа	n	59	59	59	59	58	59
		N	80	82	80	83	77	59
37004	Геленджик	n	50	51	51	52	52	51
		N	83	82	74	82	80	58
37006	Новороссийск	n	25	25	25	25	25	23

		N	54	60	25	130	135	59
37009	Джугба	n	49	50	50	50	51	50
		N	134	82	82	140	138	81
37014	Горячий ключ	n	72	75	75	76	76	76
		N	135	138	75	83	82	78
37018	Туапсе	n	76	76	77	77	77	77
		N	136	141	140	141	136	77
37031	Армавир	n	82	82	82	83	83	83
		N	82	83	82	83	83	83
37099	Сочи	n	136	139	139	139	139	139
		N	138	141	141	141	141	140
37107	Красная поляна	n	83	83	83	83	82	83
		N	136	140	141	141	141	83
37171	Адлер	n	56	56	56	56	56	56
		N	136	140	139	140	140	56
		n среднее	65,2	65,8	66,0	66,2	66,1	66,1
		N среднее	104,4	102,6	93,0	112,0	105,2	76,6

Таблица 2.7

Результаты оценки приведения непродолжительных рядов осадков к многолетнему периоду

Код поста	Наименование	Длина выборки	Месяцы					
			7	8	9	10	11	12
34915	Темрюк	n	69	68	68	68	70	70
		N	69	68	78	72	81	82
34917	Тамань	n	11	10	9	9	9	9
		N	55	10	9	9	9	9
34927	Краснодар	n	79	76	77	78	78	78
		N	79	77	81	81	81	81
37001	Анапа	n	60	59	59	59	59	59
		N	60	78	59	59	81	81
37004	Геленджик	n	50	49	49	49	50	50
		N	53	79	80	80	81	82
37006	Новороссийск	n	23	22	22	22	23	25
		N	50	76	58	81	72	81
37009	Джугба	n	49	48	48	48	48	48
		N	81	81	138	137	81	82
37014	Горячий ключ	n	74	72	72	72	72	72
		N	74	137	81	81	81	82
37018	Туапсе	n	77	76	76	76	76	76
		N	77	81	80	136	138	138
37031	Армавир	n	82	81	81	81	81	81
		N	82	81	81	81	82	82
37099	Сочи	n	137	136	136	136	137	137

		N	139	138	138	138	140	140
37107	Красная поляна	n	83	82	80	81	81	82
		N	83	82	138	138	140	138
37171	Адлер	n	56	55	55	55	55	55
		N	56	81	136	57	133	138
		n среднее	65,4	64,2	64,0	64,2	64,5	64,8
		N среднее	73,7	82,2	89,0	88,5	92,3	93,5

Проанализировав данные таблицы, можно сделать вывод о том, что в среднем количество фактических лет (n) составляет 65 лет, количество лет вместе с восстановленными данными (N) при помощи программы «Аналог», составляет приблизительно 93 года, наименьшее среднее восстановленное значение наблюдается в июле (7 месяц), и составляет 8 лет, наибольшее восстановленное значение приходится на апрель (4 месяц), и составляет 45 лет.

В общем, относительное число восстановленных лет варьирует от 5,2 % до 29,25 %. И лучше восстанавливаются осадки в месяцы холодного периода года, чем теплого, что обусловлено большей однородностью и устойчивостью синоптических процессов зимой.

Аналогично было проведено восстановление пропусков и приведение непродолжительных рядов наблюдений для среднемесячных температур с января по декабрь к многолетнему периоду. Для расчета были заданы следующие значения параметров:

- минимальный совместный период наблюдений 10 лет,
- минимальное количество аналогов в уравнении 3,
- минимальное допустимое значение коэффициента корреляции 0,85,
- среднее отношение коэффициента уравнения регрессии к его среднеквадратической ошибке 2,0,

Основные результаты после завершения расчетов представлены в таблицах 2.8 и 2.9.

Таблице 2.8

Результаты оценки приведения непродолжительных рядов температур  
воздуха к многолетнему периоду

Код поста	Наименование	Длина выборки	Месяцы					
			1	2	3	4	5	6
34915	Темрюк	n	36	35	37	37	37	35
		N	84	102	134	148	148	148
34917	Тамань	n	16	17	17	16	16	17
		N	90	101	134	146	148	148
34927	Краснодар	n	136	136	135	136	136	137
		N	138	138	140	148	142	148
37001	Анапа	n	60	60	60	60	60	60
		N	116	127	139	148	147	148
37004	Геленджик	n	39	40	41	41	39	38
		N	137	50	148	52	147	148
37006	Новороссийск	n	31	31	31	31	31	29
		N	131	140	147	148	148	148
37009	Джугба	n	38	37	40	39	40	36
		N	124	137	147	148	148	148
37014	Горячий ключ	n	30	31	36	35	35	33
		N	94	108	146	148	148	148
37018	Туапсе	n	112	113	114	114	114	115
		N	147	148	148	148	148	148
37031	Армавир	n	86	86	87	87	87	87
		N	94	105	138	148	142	148
37099	Сочи	n	147	146	147	145	147	147
		N	148	148	148	148	148	148
37107	Красная поляна	n	83	83	83	83	83	83
		N	121	126	145	148	148	148
37171	Адлер	n	52	50	50	50	49	51
		N	148	147	148	148	148	148
		n среднее	66,6	66,5	67,5	67,2	67,2	66,8
		N среднее	120,9	121,3	143,2	140,5	146,9	148,0

Таблица 2.9

Результаты оценки приведения непродолжительных рядов температур  
воздуха к многолетнему периоду

Код поста	Наименование	Длина выборки	Месяцы					
			7	8	9	10	11	12
34915	Темрюк	n	33	32	33	33	31	33
		N	148	148	147	140	138	123
34917	Тамань	n	16	15	14	14	14	13
		N	147	147	146	147	147	122

34927	Краснодар	n	136	134	135	135	135	135
		N	148	148	147	140	140	139
37001	Анапа	n	60	59	59	59	59	59
		N	148	148	147	147	140	133
37004	Геленджик	n	40	39	36	38	38	39
		N	148	48	47	47	46	49
37006	Новороссийск	n	29	28	28	28	29	31
		N	148	148	147	147	147	138
37009	Джугба	n	38	34	33	35	32	35
		N	148	148	147	147	147	147
37014	Горячий ключ	n	34	32	32	33	29	32
		N	148	148	147	147	138	123
37018	Туапсе	n	116	114	113	113	113	113
		N	148	148	147	147	148	148
37031	Армавир	n	86	85	85	85	85	85
		N	148	148	147	147	137	113
37099	Сочи	n	145	145	145	146	146	146
		N	148	148	147	147	148	148
37107	Красная поляна	n	83	82	81	81	81	82
		N	147	148	147	147	148	141
37171	Адлер	n	50	50	49	49	48	49
		N	148	148	147	147	148	148
		n среднее	66,6	65,3	64,8	65,3	64,6	65,5
		N среднее	147,8	140,2	139,2	138,2	136,3	128,6

Аналогично проанализировав данные таблицы 2.8 и таблицы 2.9, можно сделать вывод о том, что в среднем количество фактических лет (n) составляет 66 лет, количество лет вместе с восстановленными данными (N) при помощи программы «Аналог», составляет приблизительно 137 лет, наименьшее среднее восстановленное значение наблюдается в январе и составляет 54 года, наибольшее восстановленное значение приходится на июль и составляет 81 год.

Можно сделать вывод, что временные ряды температур воздуха восстанавливаются лучше, чем осадков, что обусловлено их большей пространственной связанностью. В результате продолжительность рядов температур была увеличена в среднем в 2 раза.

## 2.4 Пространственное обобщение норм климатических характеристик по территории

На основе восстановленных многолетних временных рядов были определены их средние многолетние значения или климатические нормы для каждой метеостанции и каждого месяца. Примеры полученных пространственных распределений средних многолетних температур характерных месяцев всех четырех сезонов года приведены на рис.2.7 -2.10.

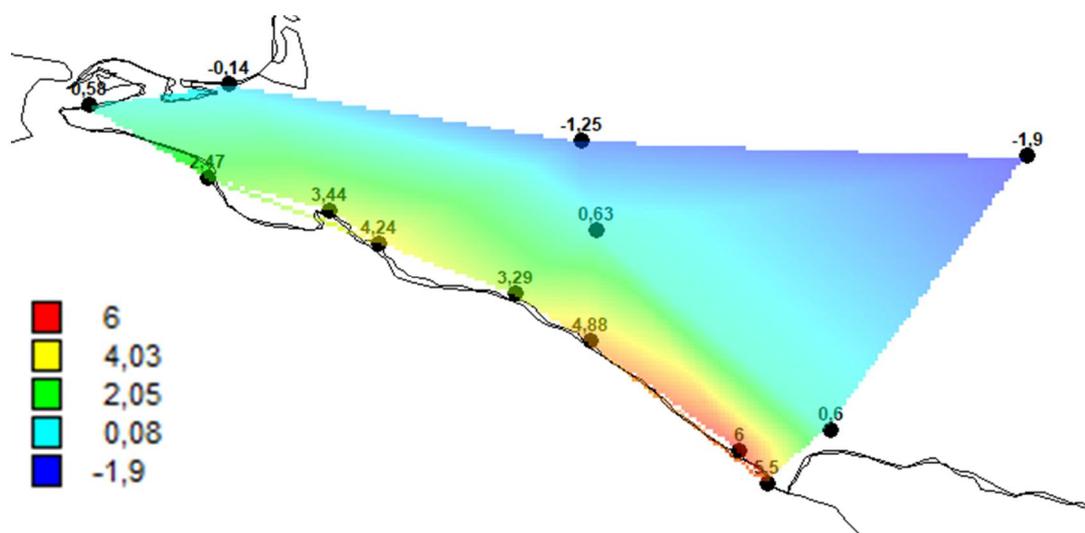


Рис.2.7. Пространственное распределение средних многолетних температур января.

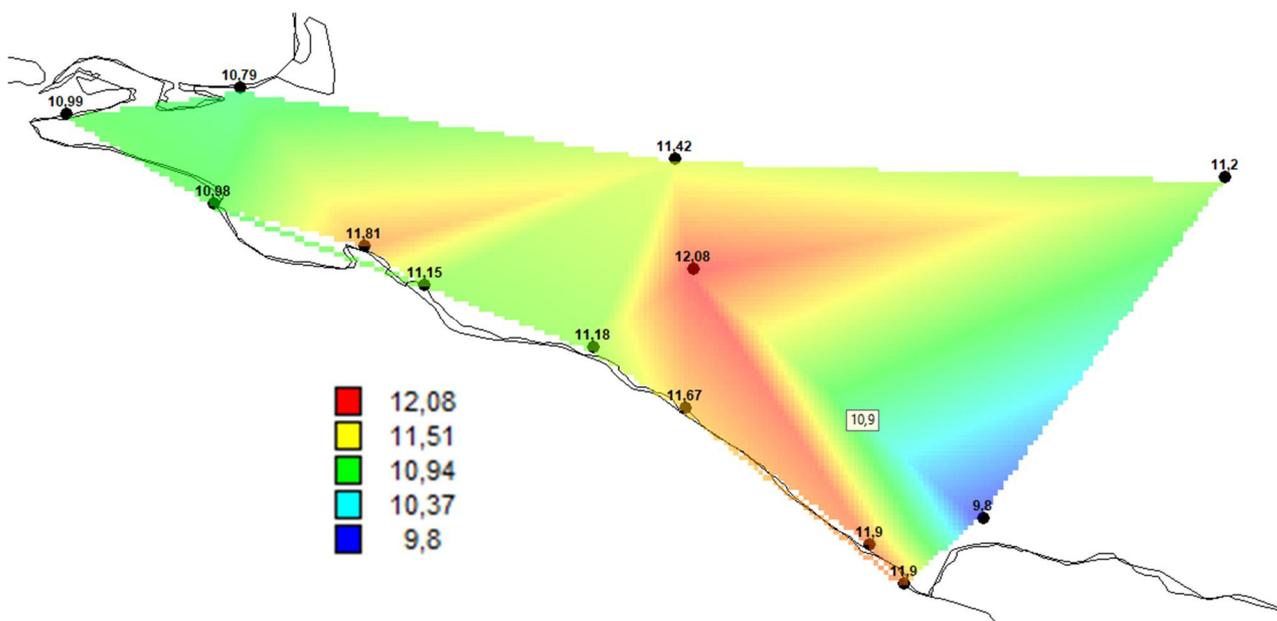


Рис.2.8. Пространственное распределение средних многолетних температур апреля.

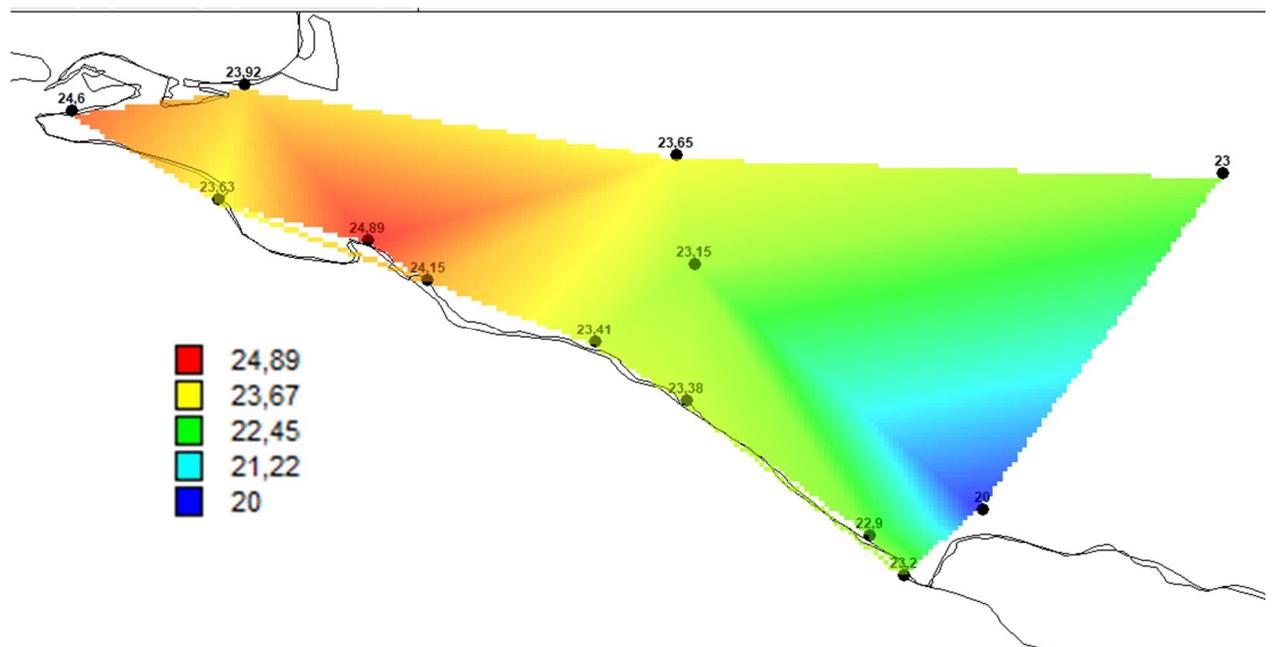


Рис.2.9. Пространственное распределение средних многолетних температур июля.

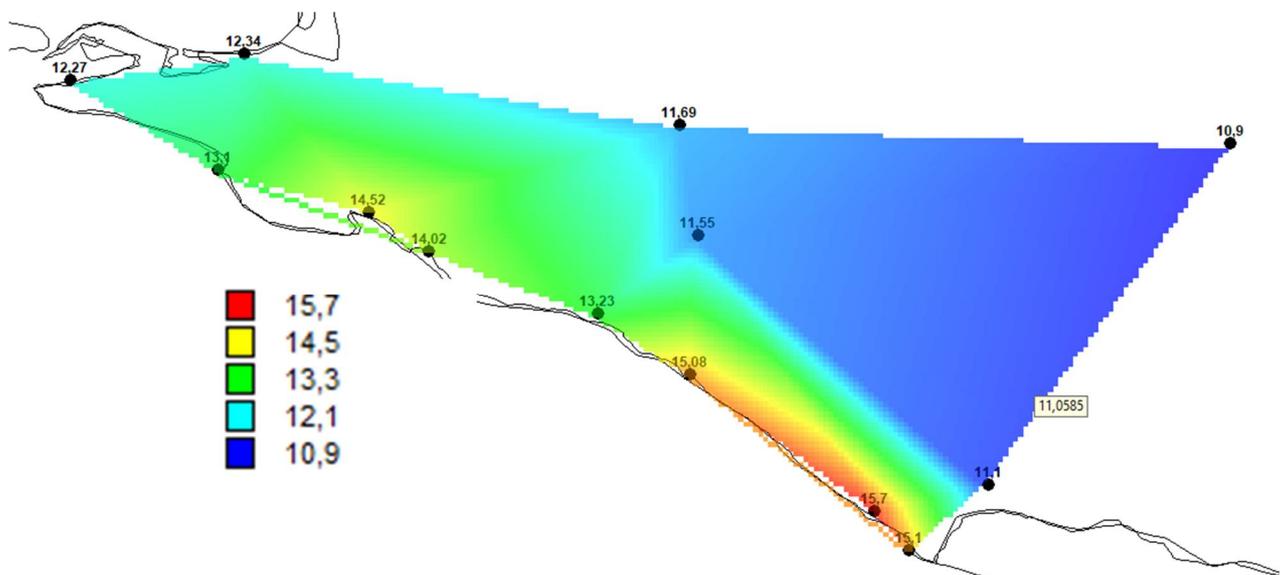


Рис.2.10. Пространственное распределение средних многолетних температур октября

Проведя анализ данных карты норм температур января, можно сделать вывод о том, что на данной территории в зимнее время максимальная температура находится в области городов Туапсе, Сочи и Адлера что обусловлено близостью гор, не дающих ветру сильно влиять на температуру, а также субтропическому влажному климату.

Так же по этой карте можно увидеть, что максимумы температур, в общем, располагаются вдоль черноморского побережья, а минимумы вдали от него, с восточной стороны Краснодарского края. Минимумы же наблюдаются вблизи территории города Армавир, потому как этот район дальше всего находится от прибрежной полосы.

Карта норм температур апреля в свою очередь показывает максимумы температуры в области города Горячий ключ, минимумы весной находятся в области Красной поляны из-за большой высоты.

Карта норм температур июля говорит нам о том, что максимумы температур, в летнее время, находятся в северо-западной области прибрежной полосы, где находятся такие города как Тамань, Темрюк, Новороссийск, Геленджик. Это объясняется тем, что суша летом нагревается больше, чем прибрежная полоса около Черного моря. Минимумы, как и в весенний период, находятся в области Красной поляны из-за достаточно большой высоты местности. Прослеживается понижение температуры с северо-запада на юго-восток.

Карта норм температур октября показывает, что самые теплые участки также как и в январе, находятся в области города Туапсе, Сочи и Адлера, судя по всему, благодаря своему расположению в субтропиках и защищённостью от восточных ветров, горами. Это объясняется тем, что горные хребты Черноморского Кавказа защищают северную часть побережья Черного моря от вторжения холодного воздуха. В то время как в Предкавказье средние январские температуры меньше 0 о, в Новороссийске +2°C, а в Туапсе (где горы еще выше) - +4°C. Холодный воздух с северо-востока проникает на побережье только в тех случаях, когда его вертикальная мощность превышает высоту гор. Минимумы преобладают в ареале четырех городов: Горячий ключ, Краснодар, Армавир и Красная поляна, так как эти города не защищены от вторжения холодных воздушных масс с севера.

Примеры полученных пространственных распределений средних многолетних осадков характерных месяцев всех четырех сезонов года приведены на рис.2.11 -2.14.

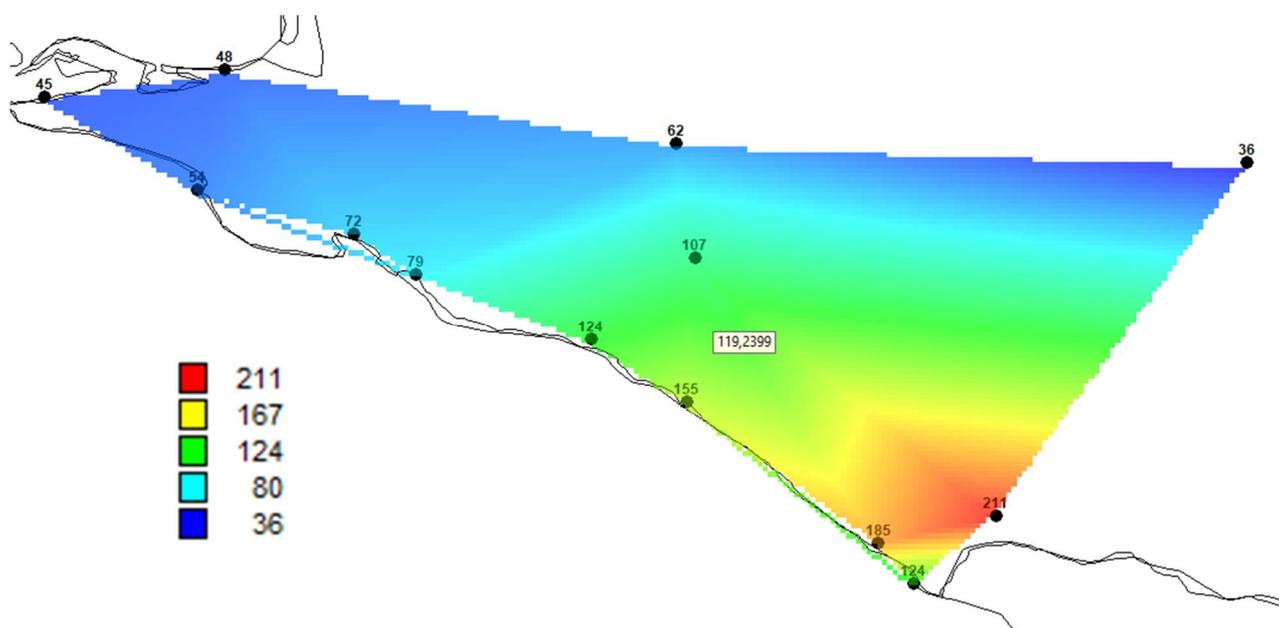


Рис.2.11. Пространственное распределение средних многолетних осадков января.

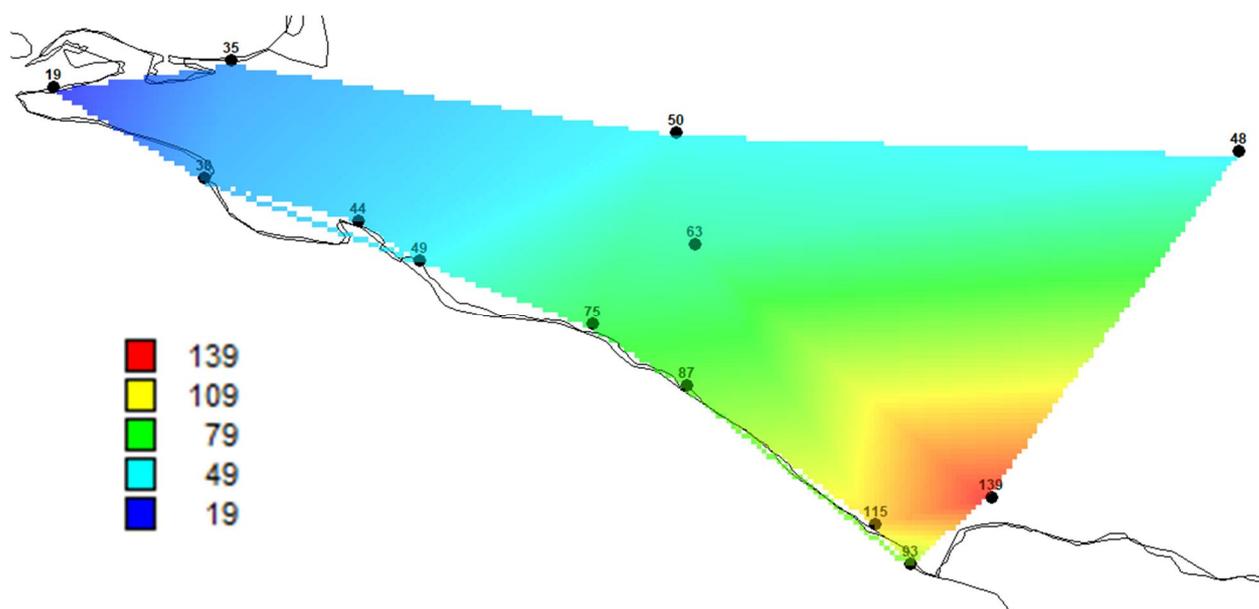


Рис.2.12. Пространственное распределение средних многолетних осадков апреля.

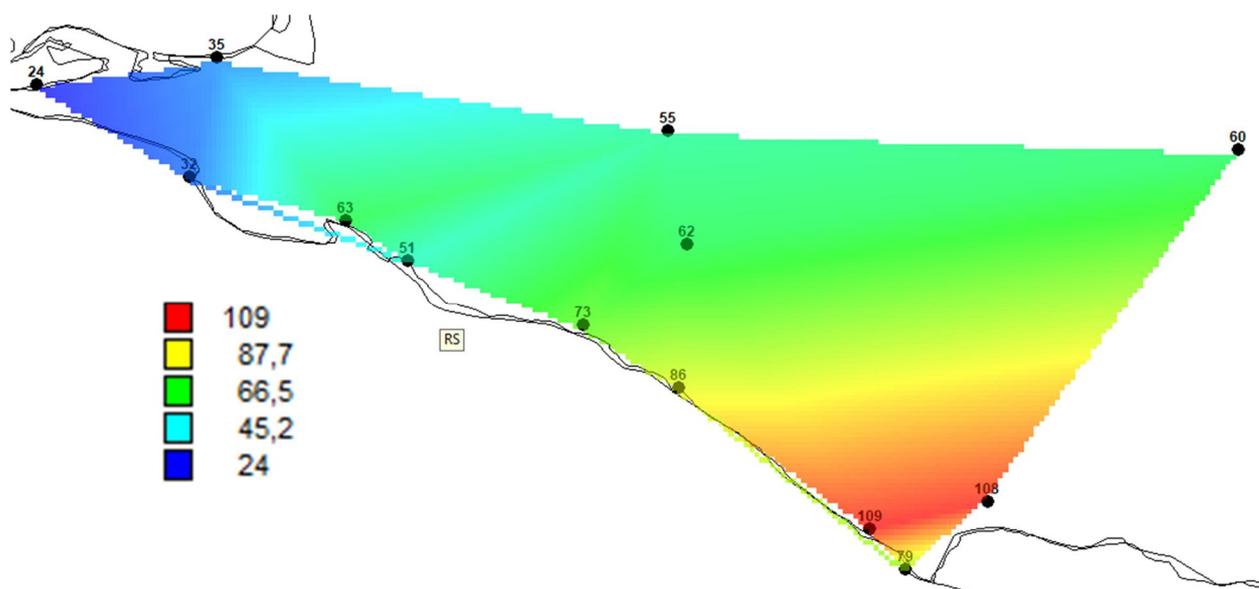


Рис.2.13. Пространственное распределение средних многолетних осадков июля.

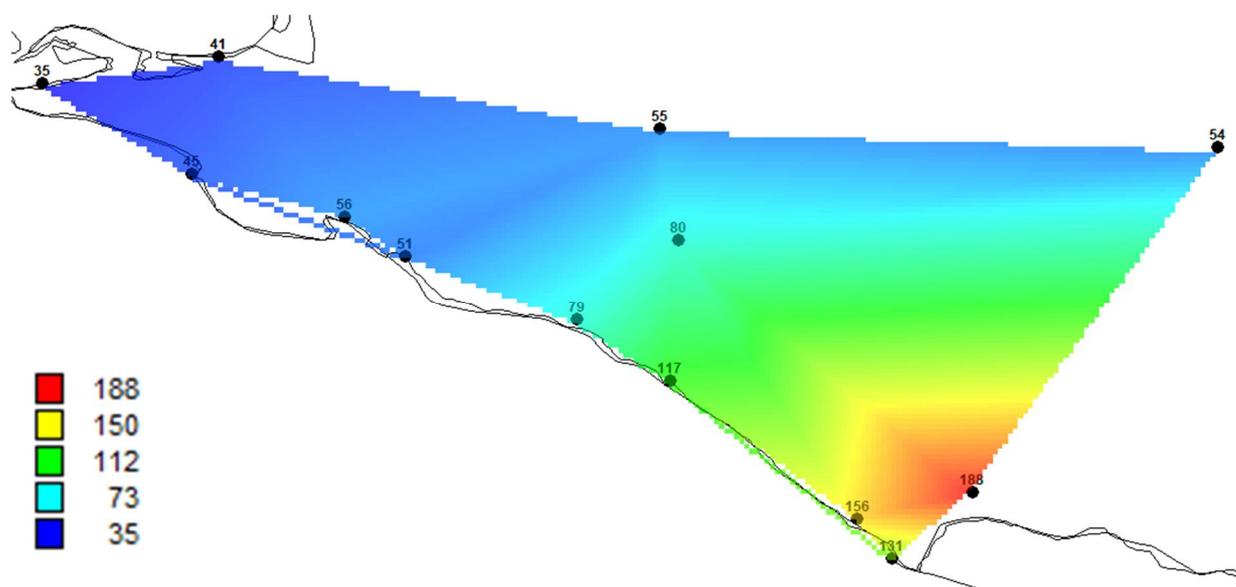


Рис.2.14. Пространственное распределение средних многолетних осадков октября.

На карте норм осадков января отчетливо видно максимумы и минимумы количества выпавших осадков в зимнее время года, максимумы располагаются в области Красной поляны и города Сочи, минимумы в большей части в области Таманского полуострова между городами Тамань, Темрюк и Анапа. Данная картина наблюдается и в другие месяцы когда максимум осадков наблюдается на юго-востоке, а минимум – на северо-западе. Такая особенность связана с соответствующим ростом рельефа и в более высоких горах и

связанных с ним районов побережья на юго-востоке осадков выпадает существенно больше, чем в степных низменных районах северо-запада.

### **3. Оценка климатических изменений многолетних рядов температур**

#### **3.1 Расчет параметров основных моделей временных рядов**

Расчет параметров основных моделей временных рядов осуществлялся по программе TIMOD и ее модификации TIMOD1, в которой задается общий начальный год наблюдений для всех рядов в регионе[5].

Для оценки устойчивости показателей моделей рассматривались временные ряды осадков следующих видов:

- наблюдаемые температуры за весь период наблюдений;
- многолетние ряды, включающие как наблюдаемые, так и восстановленные данные за весь период наблюдений;
- ряды наблюдаемых температур с 1960г. по 2017 г. для оценки вида и параметров моделей за последний период;
- ряды наблюдаемых и восстановленных температур с 1960 г. по 2017 г. для оценки вида и параметров моделей за последний период.

Таким образом, оценивалось устойчивость параметров моделей временных рядов как во времени (за весь период и за последнюю его часть с 1960 г.), так и в зависимости от вида информации (только данные наблюдений и с включением восстановленных данных).

Результаты вычисленных основных характеристик двух нестационарных моделей (модели линейного тренда и ступенчатых изменений) по отношению к модели стационарной выборки для характерных месяцев всех четырех сезонов года приведены в табл.3.1 – 3.4, где  $\Delta_{ст},\%$ ,  $\Delta_{тр},\%$  - относительные отличия соответственно модели ступенчатых изменений и модели тренда от стационарной модели;  $R$  – коэффициент корреляции модели линейного тренда;

Год<sub>ст</sub> - год перехода от одних стационарных условий к другим в модели ступенчатых изменений, ярким шрифтом выделены случаи эффективных нестационарных моделей ( $\Delta_{тр}$  или  $\Delta_{ст} \geq 10\%$ ).

Также в табл.3.1 - 3.4 даны следующие обозначения для периодов моделирования:

$T_{ф}$  – оценка по фактическим рядам за весь период;

$T_{в}$  - оценка по восстановленным рядам за весь период;

$T_{ф60}$  - оценка по фактическим рядам с 1960 г.;

$T_{в60}$  - оценка по восстановленным рядам с 1960 г.

Рез. – общий результат при обобщении за разные периоды и виды данных.

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур января.

Таблица 3.1.

Показатели нестационарных моделей температур января

Код	Показатель	$T_{ф}$	$T_{в}$	$T_{ф60}$	$T_{в60}$	Рез.
34915	$\Delta_{ст}, \%$	<b>10,6</b>	3,4	<b>10,6</b>	5.7	<b>10,6</b>
	$\Delta_{тр}, \%$	6,1	0,4	6,1	1.9	6,1
	R	0,34	-0,08	0,34	0.19	<b>0,34</b>
	Год <sub>ст</sub>	1981	1967	1981	1981	1981
34917	$\Delta_{ст}, \%$	0,0	2,0	0,0	5.0	0
	$\Delta_{тр}, \%$	<b>10,0</b>	0,0	<b>10,2</b>	2.4	<b>10,2</b>
	R	0,44	0,01	0,44	0.22	<b>0,44</b>
	Год <sub>ст</sub>	1981	2003	1981	2003	1981
34927	$\Delta_{ст}, \%$	6.7	6.4	7.9	7.9	6,7
	$\Delta_{тр}, \%$	6.8	5.8	4.4	4.4	4,4
	R	0.36	0.33	0.29	0.29	<b>0,29</b>
	Год <sub>ст</sub>	1981	1981	1981	1981	<b>1981</b>
37001	$\Delta_{ст}, \%$	2.1	1.1	3.0	3.0	0
	$\Delta_{тр}, \%$	0.7	0.3	1.3	1.3	0
	R	0.12	0.07	0.16	0.16	0

	Годст	1981	1914	1981	1981	1981
37004	$\Delta_{ст}, \%$	3.9	6.3	5.7	1.3	0
	$\Delta_{тр}, \%$	0.5	3.3	2.4	0.1	0
	R	0.10	0.25	0.22	0.05	0
	Годст	1994	1914	1994	2003	
37006	$\Delta_{ст}, \%$	6.2	4.0	4.3	1.9	0
	$\Delta_{тр}, \%$	1.3	2.8	3.6	0.2	0
	R	0.16	0.23	0.27	0.07	0
	Годст	1994	1914	2007	2003	-
37009	$\Delta_{ст}, \%$	4.6	4.0	6.8	4.6	6,8
	$\Delta_{тр}, \%$	1.2	2.8	3.6	1.9	0
	R	0.15	0.24	0.27	0.19	0,27
	Годст	1994	1914	1981	2003	1981
37014	$\Delta_{ст}, \%$		1.2	2.3	2.5	0
	$\Delta_{тр}, \%$		0.1	0.2	0.8	0
	R		-0.03	0.06	0.13	0
	Годст		1967	2000	1981	1981
37018	$\Delta_{ст}, \%$	2.5	3.9	3.3	3.3	0
	$\Delta_{тр}, \%$	0.5	2.0	1.4	1.4	0
	R	0.10	0.20	0.17	0.17	0
	Годст	1915	1914	1994	1994	-
37031	$\Delta_{ст}, \%$	7.2	3.4	8.7	7.8	8,7
	$\Delta_{тр}, \%$	5.9	0.4	4.5	4.3	4,5
	R	0.34	0.09	0.30	0.29	0,30
	Годст	1981	1981	1981	1981	1981
37099	$\Delta_{ст}, \%$	3.6	3.6	1.9	1.9	0
	$\Delta_{тр}, \%$	1.1	1.1	0.0	0.0	0
	R	0.15	0.15	0.03	0.03	0
	Годст	1914	1914	1972	1972	-
37107	$\Delta_{ст}, \%$	3.6	2.5	5.3	5.3	0
	$\Delta_{тр}, \%$	1.2	0.5	1.8	1.8	0
	R	0.16	-0.10	0.19	0.19	0

	Год <sub>ст</sub>	1994	1927	1994	1994	-
37171	$\Delta_{ст}, \%$		3.0		5.0	0
	$\Delta_{тр}, \%$		1.3		2.2	0
	R		0.16		0.21	0
	Год <sub>ст</sub>		1914		1994	-

Анализ табл. 3.1 позволяет сделать вывод, что в январе из 13 рядов температур к нестационарным относятся всего 2 временных ряда 34915 (Темрюк) и 34917 (Тамань), а  $\Delta_{ст}=10,2\%$  и  $10,6\%$  ненамного превышает границу выбранной нестационарности. Еще можно отнести к нестационарному и ряд на метеостанции 34927 (Краснодар) со статистически значимым коэффициентом корреляции линейного тренда, но  $\Delta$  для него всего 4-6%. Поэтому временные ряды температур января в общем можно считать стационарными по средним значениям.

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур апреля представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Показатели нестационарных моделей температур апреля

Код	Показатель	$T_{\phi}$	$T_{\psi}$	$T_{\phi 60}$	$T_{\psi 60}$	Рез.
34915	$\Delta_{ст}, \%$	3.3	5.3	3.3	1.2	5,3
	$\Delta_{тр}, \%$	0.0	3.3	0.0	0.2	0
	R	0.01	0.25	0.01	0.07	0,25
	Год <sub>ст</sub>	1980	1966	1980	2008	1980
34917	$\Delta_{ст}, \%$	0.0	4.6	0.0	2.8	0
	$\Delta_{тр}, \%$	2.7	1.9	2.7	1.7	0
	R	0.23	0.19	0.23	0.19	0
	Год <sub>ст</sub>	1980	1966	1980	1998	1980
34927	$\Delta_{ст}, \%$	8.9	7.4	2.3	2.3	0
	$\Delta_{тр}, \%$	9.1	6.6	1.4	1.4	0
	R	0.42	0.36	0.17	0.17	0
	Год <sub>ст</sub>	1950	1966	1998	1998	-
37001	$\Delta_{ст}, \%$	2.3	7.5	2.2	2.2	0

	$\Delta_{\text{гр}}, \%$	0.7	4.6	0.6	0.6	0
	R	0.12	0.30	0.11	0.11	0
	Годст	2008	1966	2008	2008	-
37004	$\Delta_{\text{ст}}, \%$	1.6	1.9	1.6	1.8	0
	$\Delta_{\text{гр}}, \%$	0.0	0.3	0.0	0.0	0
	R	0.01	0.07	0.01	0.02	0
	Годст	2000	1999	2000	1999	1999
37006	$\Delta_{\text{ст}}, \%$	4.9	2.7	1.8	2.0	0
	$\Delta_{\text{гр}}, \%$	5.6	1.2	0.7	0.3	0
	R	0.33	0.15	0.12	0.08	0
	Годст	1994	1966	2008	1998	-
37009	$\Delta_{\text{ст}}, \%$	7.2	4.1	6.9	4.0	6,9
	$\Delta_{\text{гр}}, \%$	4.2	2.0	3.8	1.4	3,8
	R	0.29	0.20	0.27	0.17	0,27
	Годст	1994	1998	1994	1998	1998
37014	$\Delta_{\text{ст}}, \%$	1.8	6.5	1.8	1.5	0
	$\Delta_{\text{гр}}, \%$	0.7	4.8	0.7	0.4	0
	R	0.11	0.31	0.11	0.09	0
	Годст	1994	1966	1994	1970	1994
37018	$\Delta_{\text{ст}}, \%$	6.4	5.6	3.8	3.8	0
	$\Delta_{\text{гр}}, \%$	5.3	3.9	2.1	2.1	0
	R	0.32	0.28	0.20	0.20	0,20
	Годст	1966	1966	1998	1998	1998
37031	$\Delta_{\text{ст}}, \%$	5.1	7.4	1.1	1.4	0
	$\Delta_{\text{гр}}, \%$	3.2	5.6	0.3	0.3	0
	R	0.25	0.33	0.08	0.08	0
	Годст	1966	1966	1970	1960	-
37099	$\Delta_{\text{ст}}, \%$	2.7	2.8	1.0	1.0	0
	$\Delta_{\text{гр}}, \%$	1.7	1.8	0.3	0.3	0
	R	0.18	0.19	0.08	0.08	0
	Годст	1950	1950	1998	1998	1998
37107	$\Delta_{\text{ст}}, \%$	3.3	3.5	1.1	1.1	0

	$\Delta_{гр}, \%$	1.9	2.5	0.4	0.4	0
	R	0.20	0.22	0.09	0.09	0
	Год <sub>ст</sub>	1950	1950	1998	1998	1998
37171	$\Delta_{ст}, \%$	2.1	2.8	2.1	1.7	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.8	1.8	0.8	0.4	0
	R	0.13	0.19	0.13	0.09	0
	Год <sub>ст</sub>	2008	1950	2008	2008	-

Из результатов табл.3.2 следует, что во всех случаях нестационарные модели не являются эффективными и можно сделать вывод, что многолетние ряды температур воздуха в апреле пока являются стационарными.

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур июля.

Таблица 3.3

Показатели нестационарных моделей температур июля

Код	Показатель	$T_{ф}$	$T_{в}$	$T_{ф60}$	$T_{в60}$	Рез.
34915	$\Delta_{ст}, \%$	5.8	7.1	5.8	<b>14.9</b>	<b>14,9</b>
	$\Delta_{гр}, \%$	0.3	3.0	0.3	<b>10.6</b>	10,6
	R	0.08	0.24	0.08	0.45	<b>0,45</b>
	Год <sub>ст</sub>	2003	1996	2003	1996	1996
34917	$\Delta_{ст}, \%$	0.0	7.0	0.0		0
	$\Delta_{гр}, \%$	<b>32.2</b>	3.5	<b>32.2</b>		<b>32,2</b>
	R	0.73	-0.26	0.73		0,73
	Год <sub>ст</sub>	2003	1911	2003		2003
34927	$\Delta_{ст}, \%$	<b>13.2</b>	4.2	<b>21.2</b>		<b>21,2</b>
	$\Delta_{гр}, \%$	3.3	1.1	<b>14.3</b>		<b>14,3</b>
	R	0.25	-0.15	0.51		0,51
	Год <sub>ст</sub>	1998	1911	1998		1998
37001	$\Delta_{ст}, \%$	<b>17.9</b>	<b>11.5</b>	<b>19.0</b>	<b>19.0</b>	<b>19,0</b>
	$\Delta_{гр}, \%$	<b>12.3</b>	4.5	<b>14.5</b>	<b>14.5</b>	14,5
	R	0.48	0.30	0.52	0.52	0,52
	Год <sub>ст</sub>	1998	1996	1996	1996	1998

37004	$\Delta_{\text{CT}}, \%$	<b>15.7</b>	8.5	<b>15.7</b>	<b>14.0</b>	<b>15,7</b>
	$\Delta_{\text{TP}}, \%$	8.3	3.8	8.3	7.5	8,3
	R	0.40	0.27	0.40	0.38	0,40
	Год <sub>СТ</sub>	1994	1994	1994	1994	1994
37006	$\Delta_{\text{CT}}, \%$	<b>24.6</b>	8.5	4.6	<b>16.3</b>	<b>16,3</b>
	$\Delta_{\text{TP}}, \%$	<b>22.1</b>	3.8	7.0	<b>11.3</b>	11,3
	R	0.63	0.27	0.37	0.46	0,40
	Год <sub>СТ</sub>	1994	1994	2007	1994	1994
37009	$\Delta_{\text{CT}}, \%$	<b>28.0</b>	<b>12.0</b>	<b>29.4</b>	<b>19.6</b>	<b>29,4</b>
	$\Delta_{\text{TP}}, \%$	<b>17.2</b>	4.4	<b>20.6</b>	<b>13.0</b>	20,6
	R	0.56	0.29	0.61	0.49	0,49
	Год <sub>СТ</sub>	1994	1996	1994	1996	1996
37014	$\Delta_{\text{CT}}, \%$	<b>24.5</b>	<b>10.8</b>	<b>24.5</b>	<b>17.1</b>	<b>17,1</b>
	$\Delta_{\text{TP}}, \%$	<b>20.0</b>	4.0	<b>20.0</b>	<b>10.3</b>	10,3
	R	0.60	0.28	0.60	0.44	0,44
	Год <sub>СТ</sub>	2000	1996	2000	1996	1996
37018	$\Delta_{\text{CT}}, \%$	<b>17.4</b>	<b>13.8</b>	<b>21.5</b>	<b>21.5</b>	<b>21,5</b>
	$\Delta_{\text{TP}}, \%$	<b>11.6</b>	6.1	<b>16.5</b>	<b>16.5</b>	16,5
	R	0.47	0.34	0.55	0.55	0,55
	Год <sub>СТ</sub>	1994	1994	1994	1994	1994
37031	$\Delta_{\text{CT}}, \%$	9.2	7.7	<b>11.7</b>	<b>12.8</b>	<b>12,8</b>
	$\Delta_{\text{TP}}, \%$	5.3	2.9	7.2	7.2	7,2
	R	0.32	0.24	0.37	0.37	0,37
	Год <sub>СТ</sub>	1996	1998	1998	1998	1998
37099	$\Delta_{\text{CT}}, \%$		6.8	<b>13.3</b>	<b>13.3</b>	<b>13,3</b>
	$\Delta_{\text{TP}}, \%$		3.1	8.3	8.3	8,3
	R		0.25	0.40	0.40	0,40
	Год <sub>СТ</sub>		1996	1996	1996	1996
37107	$\Delta_{\text{CT}}, \%$	<b>15.1</b>	<b>12.7</b>	<b>16.9</b>	<b>16.9</b>	<b>16,9</b>
	$\Delta_{\text{TP}}, \%$	8.7	5.4	<b>14.3</b>	<b>14.3</b>	14,3
	R	0.41	0.32	0.52	0.52	0,52
	Год <sub>СТ</sub>	1998	1998	1998	1998	1998

37171	$\Delta_{ст}, \%$		<b>11.2</b>		<b>19.1</b>	<b>19,1</b>
	$\Delta_{гр}, \%$		4.3		<b>13.8</b>	13,8
	R		0.29		0.51	0,51
	Год <sub>ст</sub>		1998		1998	1998

Из результатов табл.3.3 следует, что в июле из 13 рядов температур все являются нестационарными. Нестационарность обусловлена ростом температур в основном с начала 1994-го года по 2000-ый год. При этом наиболее эффективной являются нестационарные модели ступенчатых изменений и наиболее эффективная из них с  $\Delta_{ст}=29,4 \%$  для ряда температур на метеостанции 37009 (Джугба).

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур октября приведены в табл.3.4.

Таблица 3.4

Показатели нестационарных моделей температур июля

Код	Показатель	$T_{ф}$	$T_{в}$	$T_{ф60}$	$T_{в60}$	Рез.
34915	$\Delta_{ст}, \%$	2.1	1.2	2.1	3.2	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.1	0.0	0.1	0.9	0
	R	0.05	0.00	0.05	0.14	0
	Год <sub>ст</sub>	1991	1991	1991	1991	1991
34917	$\Delta_{ст}, \%$	0.0	1.2	0.0	2.6	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.7	0.2	0.7	0.5	0
	R	-0.12	-0.06	-0.12	0.10	0
	Год <sub>ст</sub>	1991	1906	1991	1991	1991
34927	$\Delta_{ст}, \%$		2.3	3.8	7.0	7,0
	$\Delta_{гр}, \%$		0.0	2.5	3.7	3,7
	R		0.00	0.22	0.27	0,27
	Год <sub>ст</sub>		1991	2008	1991	1991
37001	$\Delta_{ст}, \%$	4.3	1.2	4.3	4.3	4,3
	$\Delta_{гр}, \%$	1.8	0.1	1.8	1.8	1,8
	R	0.19	-0.04	0.19	0.19	0,19
	Год <sub>ст</sub>	1991	2002	1991	1991	1991

37004	$\Delta_{\text{CT}}, \%$	2.6	1.9	2.6	2.1	0
	$\Delta_{\text{TP}}, \%$	0.3	0.0	0.3	0.0	0
	R	0.07	0.00	0.07	0.01	0
	Год <sub>СТ</sub>	2002	2002	2002	2002	2002
37006	$\Delta_{\text{CT}}, \%$	3.7	1.0	2.7	2.6	0
	$\Delta_{\text{TP}}, \%$	1.3	0.0	0.2	1.1	0
	R	0.16	0.01	0.05	0.15	0
	Год <sub>СТ</sub>	2002	2002	2002	2002	2002
37009	$\Delta_{\text{CT}}, \%$	2.3	1.1	2.3	4.0	0
	$\Delta_{\text{TP}}, \%$	0.3	0.1	0.3	1.5	0
	R	0.08	-0.03	0.08	0.17	0
	Год <sub>СТ</sub>	1991	2002	1991	2002	1991
37014	$\Delta_{\text{CT}}, \%$	8.3	3.6	8.3	6.4	8,3
	$\Delta_{\text{TP}}, \%$	2.1	0.1	2.1	2.1	2,1
	R	0.20	0.04	0.20	0.20	0,20
	Год <sub>СТ</sub>	1991	1996	1991	1996	1991
37018	$\Delta_{\text{CT}}, \%$	2.2	1.7	5.5	5.5	5,5
	$\Delta_{\text{TP}}, \%$	0.1	0.1	2.7	2.7	2,7
	R	-0.03	-0.05	0.23	0.23	0,23
	Год <sub>СТ</sub>	1945	1945	2002	2002	2002
37031	$\Delta_{\text{CT}}, \%$	4.2	1.2	5.0	3.9	5,0
	$\Delta_{\text{TP}}, \%$	1.7	0.0	1.9	1.4	1,9
	R	0.18	-0.02	0.19	0.17	0,19
	Год <sub>СТ</sub>	1991	1991	1991	1991	1991
37099	$\Delta_{\text{CT}}, \%$		2.3	3.8	3.8	3,8
	$\Delta_{\text{TP}}, \%$		0.3	1.7	1.7	1,7
	R		-0.07	0.18	0.18	0,18
	Год <sub>СТ</sub>		1945	1991	1991	1991
37107	$\Delta_{\text{CT}}, \%$	7.7	2.2	9.3	9.3	9,3
	$\Delta_{\text{TP}}, \%$	5.3	0.0	7.1	7.1	7,1
	R	0.32	-0.01	0.37	0.37	0,37
	Год <sub>СТ</sub>	1991	2002	1991	1991	1991

37171	$\Delta_{ст}, \%$		2.7		8.5	8,8
	$\Delta_{тр}, \%$		0.2		5.8	5,8
	R		-0.06		0.34	0,34
	Год <sub>ст</sub>		1945		2002	2002

Из результатов таблицы 3.4 нестационарные ряды не наблюдаются, так как критерии  $\Delta_{тр}$  и  $\Delta_{ст}$  не превышают 10 %, на одной из наблюдаемых станций.

Таким образом, нестационарность средних многолетних температур установлена только для температур июля с преобладанием ступенчатой модели роста температур в середине – конце 1990х годов.

### 3.2 Пространственное обобщение полученных параметров нестационарных моделей по территории

Карты показателей нестационарных моделей, полученных в п.3.1, были построены для июля как месяца, где нестационарность проявляется на всех метеостанциях.

На рис.3.1. приведены пространственные распределения показателей нестационарности  $\Delta_{ст}, \%$  и  $\Delta_{тр}, \%$  (относительные отличия соответственно модели ступенчатых изменений и модели тренда от стационарной модели) и R (коэффициент корреляции модели линейного тренда) для температур июля.

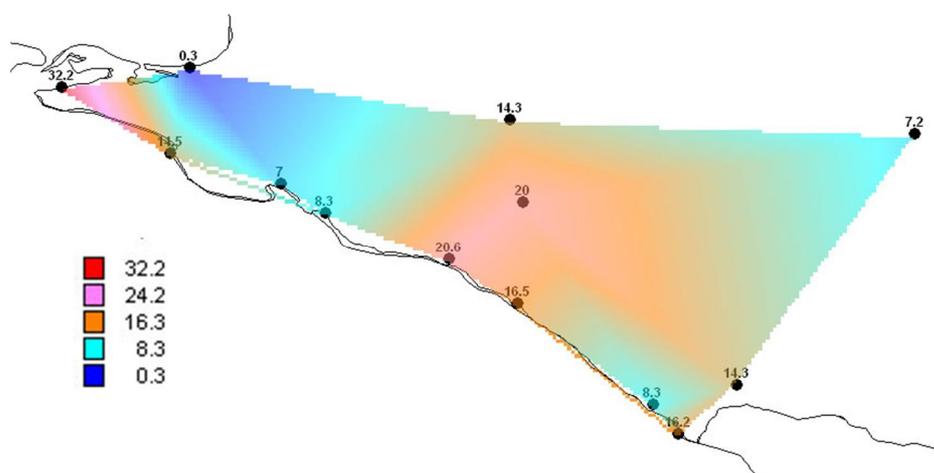


Рис.3.1 Пространственное распределение показателей нестационарных моделей  $\Delta_{тр}, \%$  температур июля по данным наблюдений.

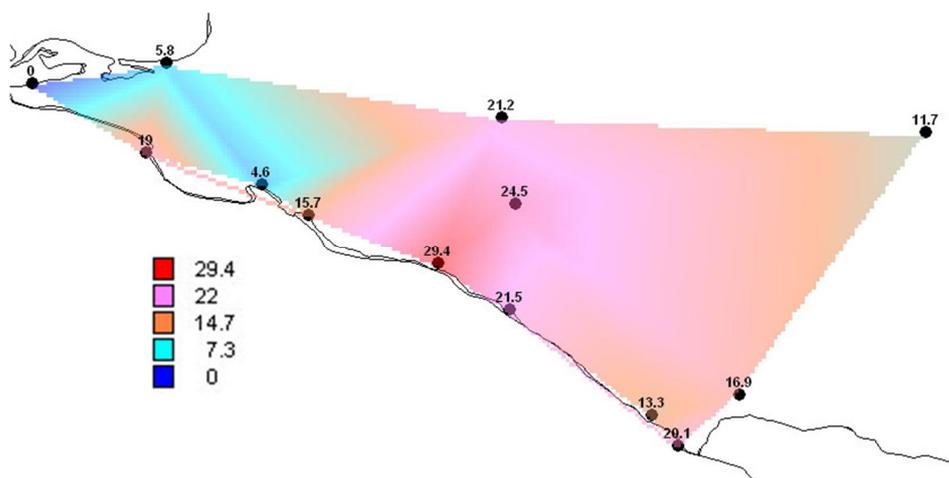


Рис.3.2 Пространственное распределение показателей нестационарных моделей  $\Delta_{st}, \%$  температур июля по данным наблюдений.

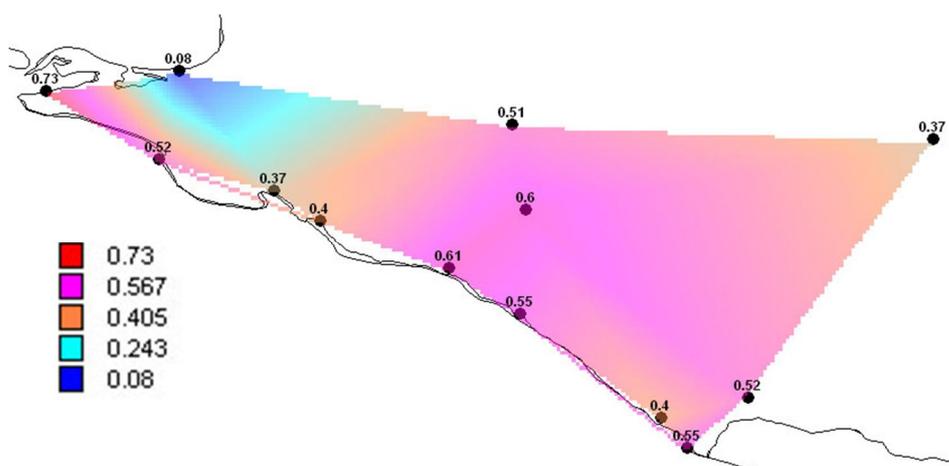


Рис.3.3 Пространственное распределение коэффициентов корреляции линейных трендов  $R_{tr}$  рядов температур июля по данным наблюдений.

Как следует из рис.3.1 – 3.3, наибольшая нестационарность имеет место в юго-восточной половине рассматриваемой территории и даже больше в центральной ее части. Ближе к стационарным условиям относится северная часть территории.

Графики всех нестационарных временных рядов температур июля со ступенчатым ростом температуры в 1998 г., аппроксимированные моделью ступенчатых изменений приведены на рис.3.4 – 3.13.

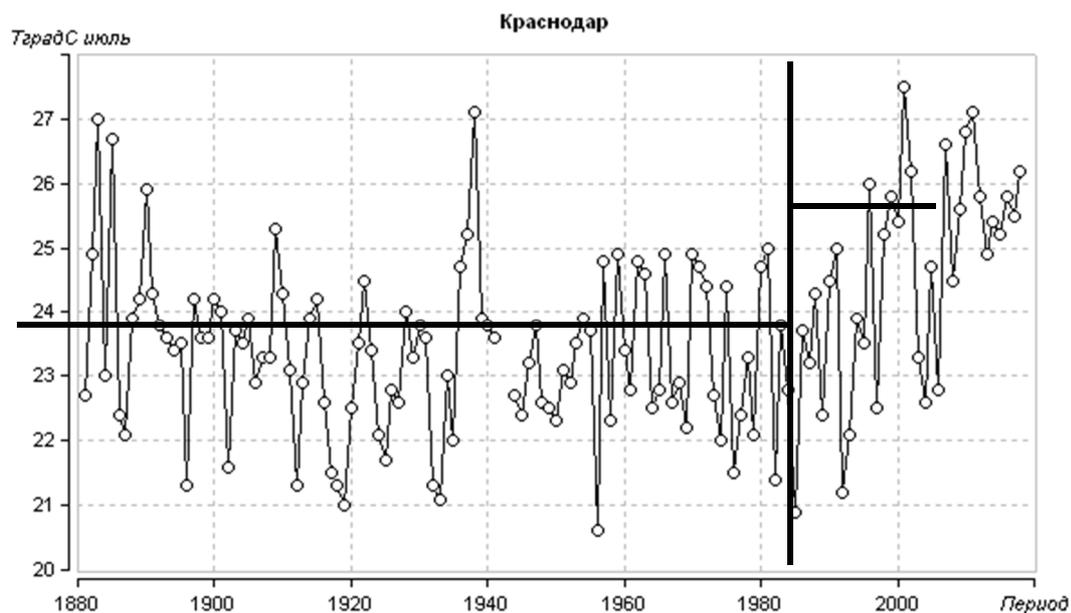


Рис.3.4 Нестационарные временные ряды температур июля со ступенчатым ростом температуры в 1998 г., аппроксимированные моделью ступенчатых изменений.

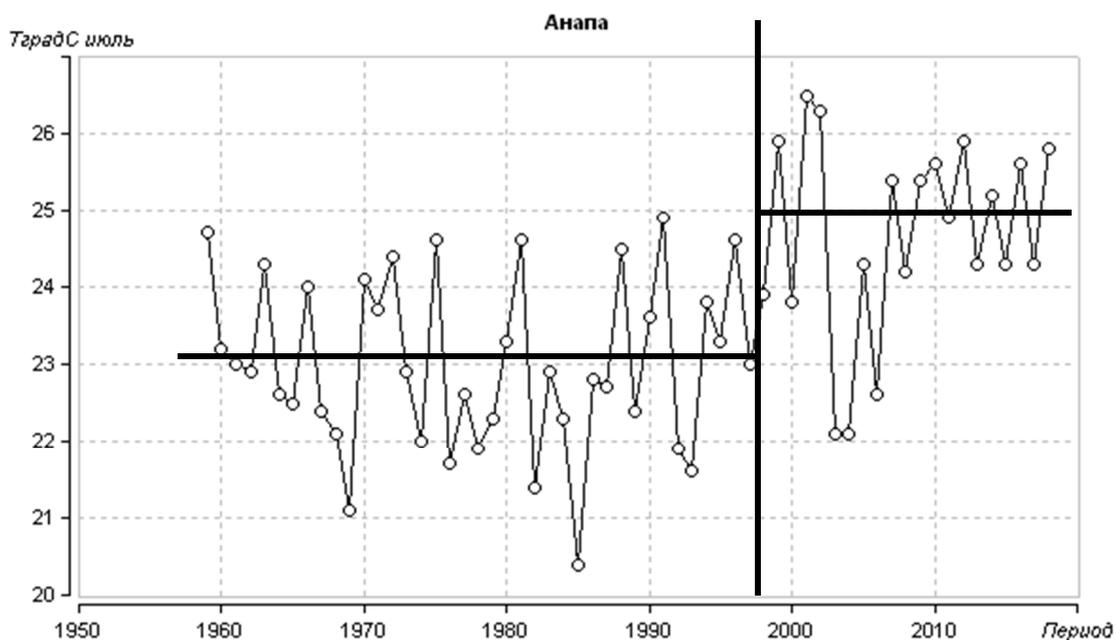


Рис.3.5. Нестационарные временные ряды температур июля со ступенчатым ростом температуры в 1998 г., аппроксимированные моделью ступенчатых изменений.

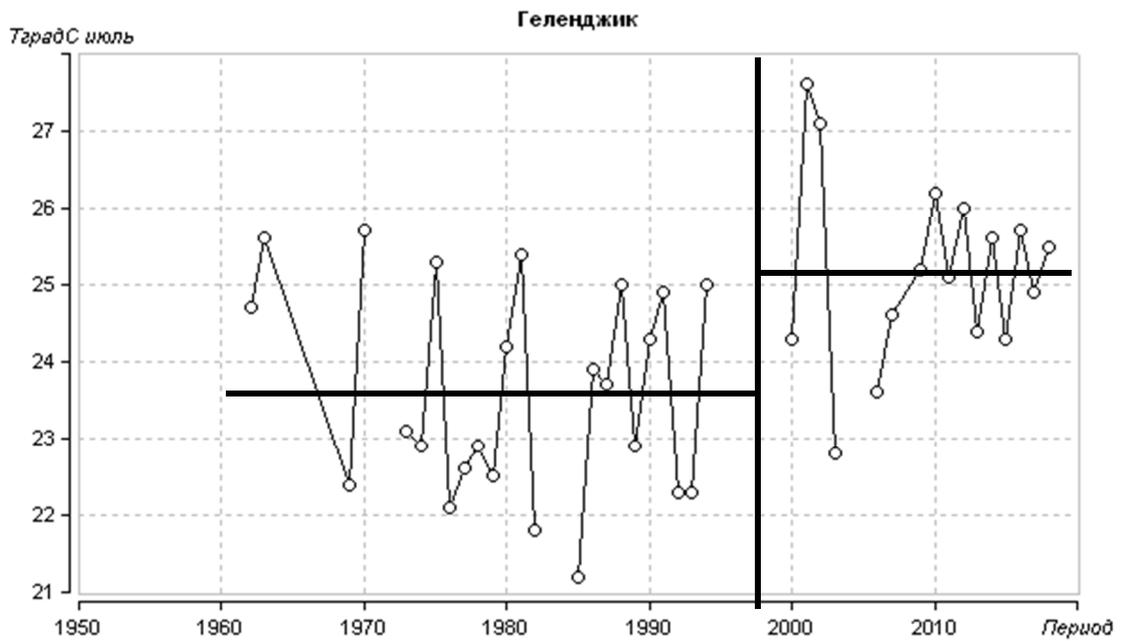


Рис.3.6. Нестационарные временные ряды температур июля со ступенчатым ростом температуры в 1998 г., аппроксимированные моделью ступенчатых изменений.

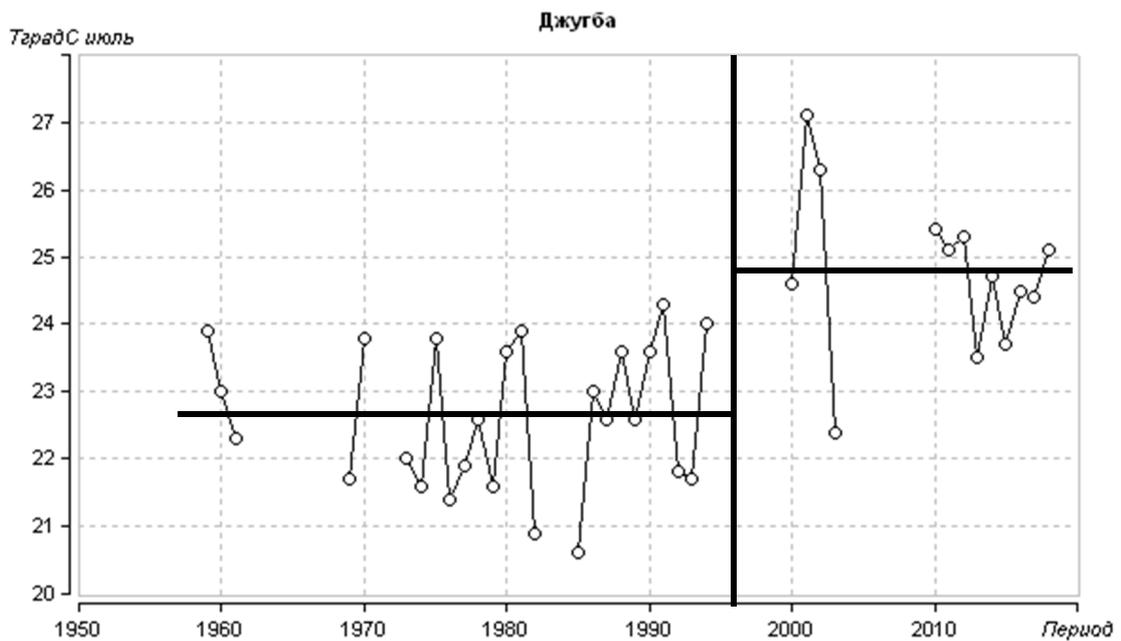


Рис.3.7. Нестационарные временные ряды температур июля со ступенчатым ростом температуры в 1998 г., аппроксимированные моделью ступенчатых изменений.

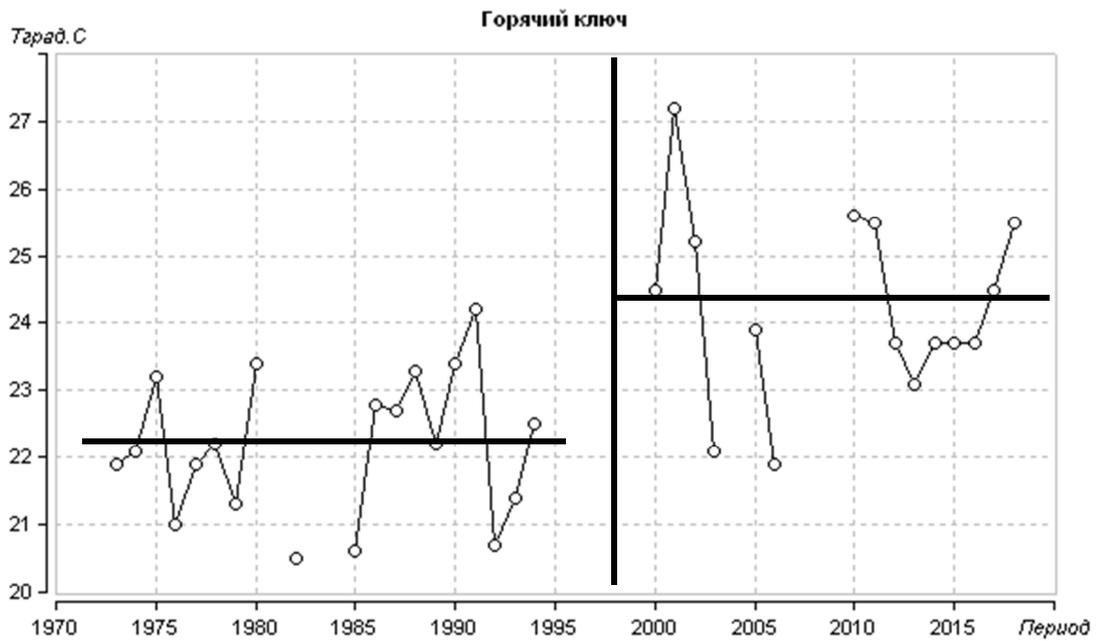


Рис.3.8. Нестационарные временные ряды температур июля со ступенчатым ростом температуры в 1998 г., аппроксимированные моделью ступенчатых изменений.

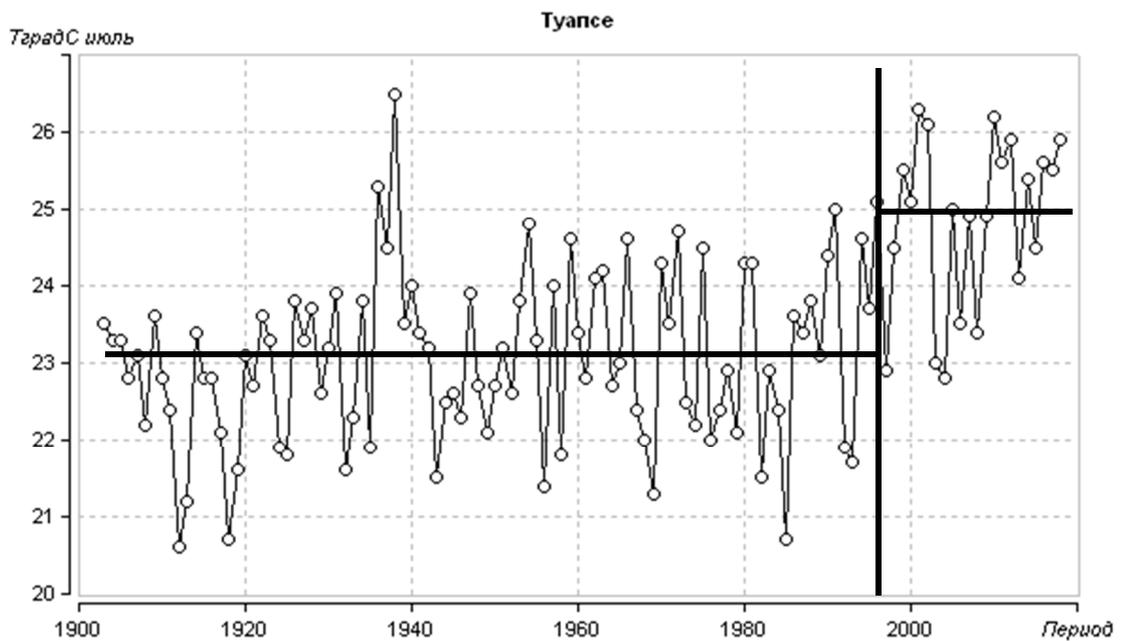


Рис.3.9. Нестационарные временные ряды температур июля со ступенчатым ростом температуры в 1998 г., аппроксимированные моделью ступенчатых изменений.

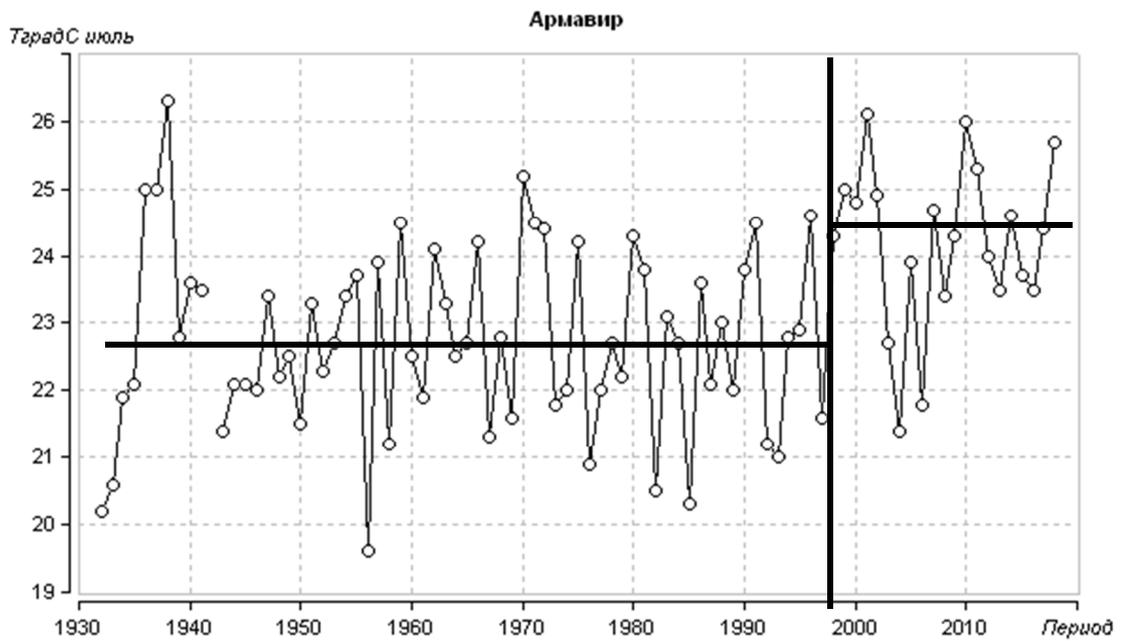


Рис.3.10. Нестационарные временные ряды температур июля со ступенчатым ростом температуры в 1998 г., аппроксимированные моделью ступенчатых изменений.

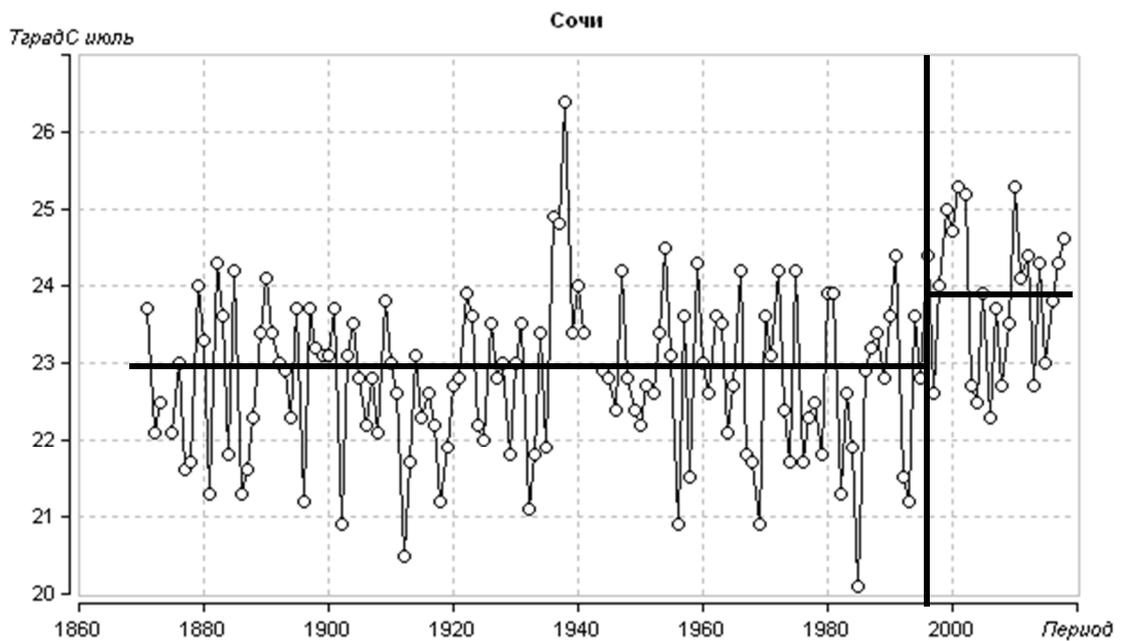


Рис.3.11. Нестационарные временные ряды температур июля со ступенчатым ростом температуры в 1998 г., аппроксимированные моделью ступенчатых изменений.

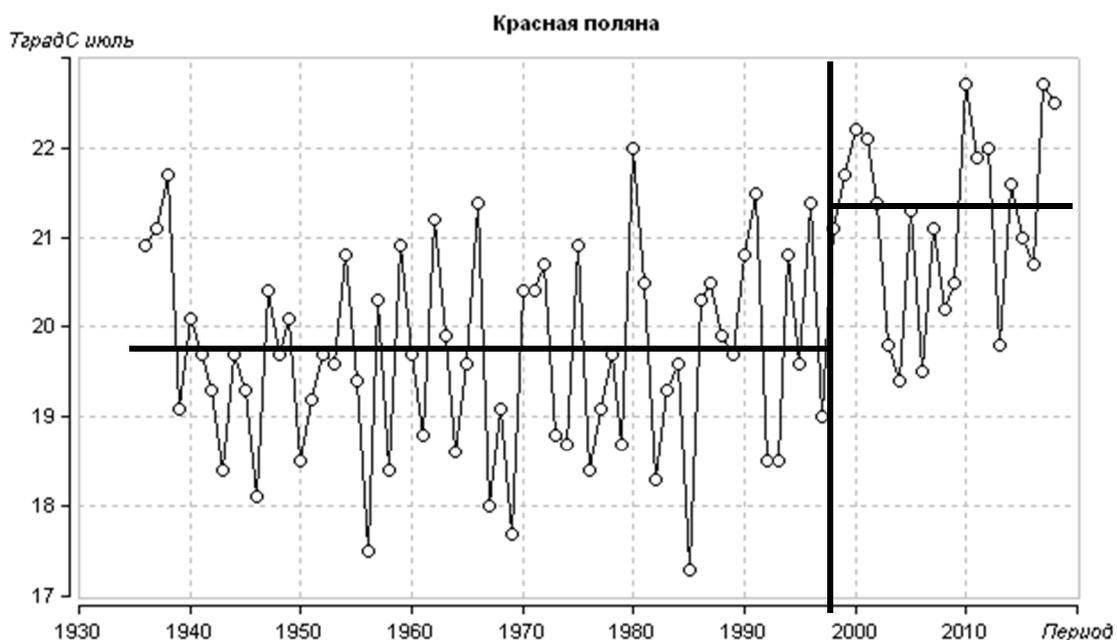


Рис.3.12. Нестационарные временные ряды температур июля со ступенчатым ростом температуры в 1998 г., аппроксимированные моделью ступенчатых изменений.

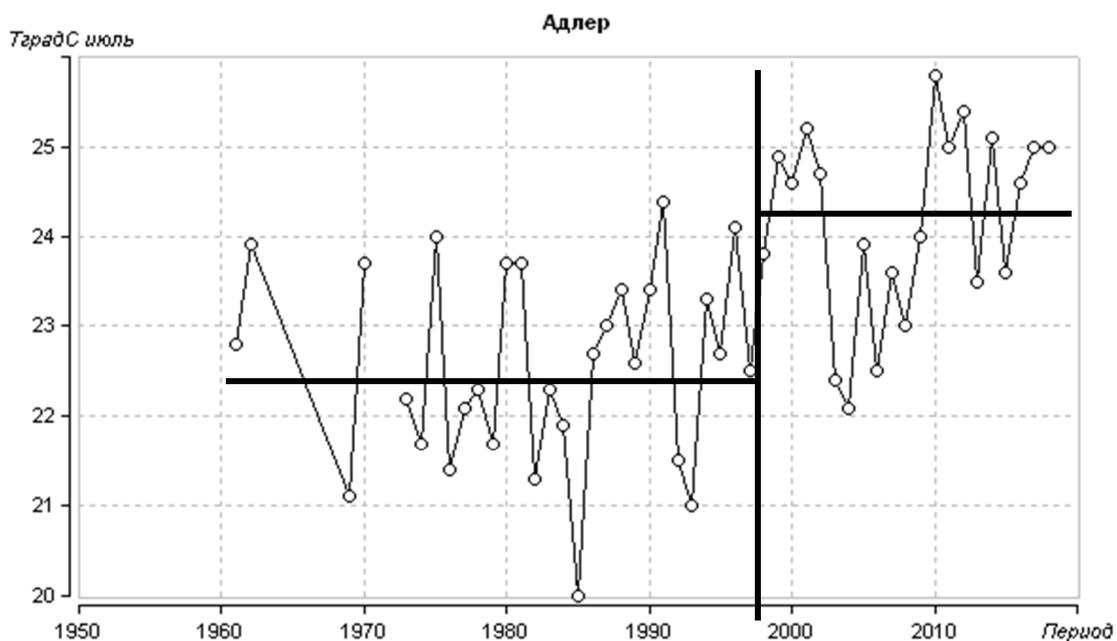


Рис.3.13. Нестационарные временные ряды температур июля со ступенчатым ростом температуры в 1998 г., аппроксимированные моделью ступенчатых изменений.

В связи с тем, что ступенчатый рост средних температур июля относился в большинстве случаев к концу 1990х годов (рис.3.4 – 3.13), было осуществлено

разделение рядов на две части по 1997 г. и затем находилась разность средних второй и первой частей ряда, что позволяет оценить насколько изменилась норма температур в °С. При этом рассматривались разные виды данных (наблюденные и восстановленные) и разные периоды для осреднения. Результаты оценки изменения норм температур июля приведены в табл.3.5, где:

$t_{2н}$  – средняя температура за последний период 1998-2017 гг по наблюдаемым данным;

$t_{1н}$  – средняя температура за весь первый период наблюдений (с начала наблюдений по 1997 гг.) по данным наблюдений;

$t_{1н60}$  – средняя температура с 1960 г. по 1997 г. по наблюдаемым данным;

$t_{1в60}$  – средняя температура с 1960 г. по 1997 г. по восстановленным данным;

$\Delta_n = t_{2н} - t_{1н}$  – разность средних температур за 2 полу периода (первый весь наблюдаемый);

$\Delta_v = t_{2н} - t_{1в}$  – разность средних температур за 2 полу периода (первый весь восстановленный);

$\Delta_{н60} = t_{2н} - t_{1н60}$  – разность средних температур за 2 полу периода (первый с 1960 г. наблюдаемый);

$\Delta_{в60} = t_{2н} - t_{1в60}$  – разность средних температур за 2 полу периода (первый с 1960 г. восстановленный).

Таблица 3.5

Средние климатические температуры июля за два полу периода и их разности

Код станции	Название	$t_{1н}$	$t_{2н}$	$\Delta_n$	$t_{1в}$	$\Delta_v$	$t_{1н60}$	$\Delta_{н60}$	$t_{1в60}$	$\Delta_{в60}$
34915	Темрюк				23,5				23,4	
34917	Тамань				23,3				23,4	
34927	Краснодар	23,4	25,4	+2,0	23,2	+2,2	23,3	+2,1	23,4	+2,0
37001	Анапа	23,0	24,7	+1,7	22,9	+1,8	22,9	+1,8	23,0	+1,7
37004	Геленджик	23,6	25,2	+1,6	23,7	+1,5	23,4	+1,8	23,4	+1,8
37006	Новороссийск				24,0				23,8	
37009	Джугба	22,6	24,8	+2,2	22,7	+2,1	22,9	+1,9	23,1	+1,7
37014	Горячий ключ	22,2	24,2	+2,0	22,5	+1,7	22,3	+1,9	22,6	+1,6

37018	Туапсе	23,0	24,9	+1,9	23,1	+1,8	23,1	+1,8	23,0	+1,9
37031	Армавир	22,7	24,2	+1,5	22,7	+1,5	22,7	+1,5	22,9	+1,3
37099	Сочи	22,8	23,9	+1,1	22,8	+1,1	22,7	+1,2	22,7	+1,2
37107	Красная поляна	19,7	21,2	+1,5	19,6	+1,6	19,6	+1,6	20,6	+0,6
37171	Адлер	22,6	24,2	+1,6	22,6	+1,6	22,0	+2,2	21,7	+2,5

Как следует из результатов табл.3.5, климатические нормы температур увеличились в среднем на 1,5-2,0 °С с 1997 г. Наибольший рост имеет место в Краснодаре и Адлере, наименьший в Армавире, Красной Поляне и Сочи.

## 4. Оценка климатических изменений многолетних рядов осадков

### 4.1. Расчет параметров основных моделей временных рядов

Расчет параметров основных моделей временных рядов также осуществлялся по программе TIMOD и ее модификации TIMOD1, в которой задается общий начальный год наблюдений для всех рядов в регионе[5].

Для оценки устойчивости показателей моделей рассматривались временные ряды осадков следующих видов:

- наблюдаемые осадки за весь период наблюдений;
- многолетние ряды, включающие как наблюдаемые, так и восстановленные данные за весь период наблюдений;
- ряды наблюдаемых осадков с 1960г. по 2017 г. для оценки вида и параметров моделей за последний период;
- ряды наблюдаемых и восстановленных осадков с 1960 г. по 2017 г. для оценки вида и параметров моделей за последний период.

Таким образом, оценивалось устойчивость параметров моделей временных рядов как во времени (за весь период и за последнюю его часть с 1960 г.), так и в зависимости от вида информации (только данные наблюдений и с включением восстановленных данных).

Результаты вычисленных основных характеристик двух нестационарных моделей (модели линейного тренда и ступенчатых изменений) по отношению к модели стационарной выборки для характерных месяцев всех четырех сезонов года приведены в табл.4.1 – 4.4, где  $\Delta_{ст, \%}$ ,  $\Delta_{тр, \%}$  - относительные отличия соответственно модели ступенчатых изменений и модели тренда от стационарной модели;  $R$  – коэффициент корреляции модели линейного тренда;  $Год_{ст}$  - год перехода от одних стационарных условий к другим в модели ступенчатых изменений. Также в табл.4.1 - 4.4 даны следующие обозначения для периодов моделирования:

$R_f$  – оценка по фактическим рядам за весь период;

$P_B$  - оценка по восстановленным рядам за весь период;

$P_{\phi 60}$  - оценка по фактическим рядам с 1960 г.;

$P_{B60}$  - оценка по восстановленным рядам с 1960 г.

Рез. – общий результат при обобщении за разные периоды и виды данных.

Таблица 4.1.

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов осадков января

Код	Показатель	$P_{\phi}$	$P_B$	$P_{\phi 60}$	$P_{B60}$	Рез.
34915	$\Delta_{ст}, \%$	2.2	1.8	3.3	2.4	0
	$\Delta_{гр}, \%$	1.2	0.8	1.4	1.0	0
	R	0.15	0.13	0.17	0.14	0
	Год <sub>ст</sub>	1975	2007	1975	1975	-
34917	$\Delta_{ст}, \%$		9.7		8.0	0
	$\Delta_{гр}, \%$		7.9		5.4	0
	R		0.39		0.32	0
	Год <sub>ст</sub>		1979		1979	-
34927	$\Delta_{ст}, \%$	1.4	1.2	0.8	0.8	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.5	0.4	0.0	0.0	0
	R	0.10	0.08	0.02	0.02	0
	Год <sub>ст</sub>	1950	1946	1975	1975	-
37001	$\Delta_{ст}, \%$	3.8	3.6	3.8	3.8	0
	$\Delta_{гр}, \%$	2.1	2.0	2.1	2.1	0
	R	0.20	0.20	0.20	0.20	0
	Год <sub>ст</sub>	2002	2002	2002	2002	-
37004	$\Delta_{ст}, \%$	1.0	0.8	0.4	0.8	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.0	0.1	0.0	0.0	0
	R	-0.02	0.04	-0.01	-0.01	0
	Год <sub>ст</sub>	1971	1947	1975	1970	-
37006	$\Delta_{ст}, \%$	<b>17.3</b>	7.6	<b>17.3</b>	7.9	<b>17.3</b>
	$\Delta_{гр}, \%$	<b>17.4</b>	2.6	<b>17.4</b>	3.1	<b>17.4</b>

	R	0.56	0.23	0.56	0.25	<b>0.56</b>
	Годст	2003	2002	2003	2002	2003
37009	$\Delta_{ст}, \%$	1.9	2.4	1.4	1.0	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.6	0.3	0.2	0.1	0
	R	0.11	-0.08	0.06	0.05	0
	Годст	1982	1893	1982	1982	-
37014	$\Delta_{ст}, \%$	1.6	1.9	1.2	1.4	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.5	0.3	0.3	0.3	0
	R	-0.09	-0.08	-0.07	-0.08	0
	Годст	1969	1893	1996	1970	-
37018	$\Delta_{ст}, \%$	1.5	2.0	2.7	2.7	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.0	0.1	0.1	0.1	0
	R	0.03	-0.05	0.04	0.04	0
	Годст	1975	1893	1975	1975	-
37031	$\Delta_{ст}, \%$	1.8		1.7		0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.2		0.0		0
	R	0.06		-0.01		0
	Годст	1948		1970		-
37099	$\Delta_{ст}, \%$	2.1	2.1	1.3	1.5	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.3	0.3	0.0	0.0	0
	R	-0.07	-0.08	0.01	0.00	0
	Годст	1893	1893	1994	1994	-
37107	$\Delta_{ст}, \%$	1.1	2.0	0.8	0.8	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.3	0.2	0.0	0.0	0
	R	-0.07	-0.07	-0.03	-0.03	0
	Годст	1969	1893	1970	1970	-
37171	$\Delta_{ст}, \%$	4.0	2.2	4.2	4.4	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.1	0.8	0.2	0.5	0
	R	-0.05	-0.12	-0.06	-0.10	0
	Годст	1996	1893	1970	1996	-

Из результатов табл.4.1 следует, что во всех случаях за исключением ряда 37006 Новороссийск, модели временных рядов осадков января являются

стационарными. Для ряда осадков по Новороссийску имеет место рост осадков по модели ступенчатых изменений в 2003 г. При этом также эффективна и модель линейного тренда с коэффициентом корреляции  $R=0.56$ .

Таблица 4.2.

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов осадков апреля

Код	Показатель	$P_{\phi}$	$P_{\psi}$	$P_{\phi 60}$	$P_{\psi 60}$	Рез.
34915	$\Delta_{ст}, \%$	2.2	1.7	2.8	3.3	0
	$\Delta_{тр}, \%$	0.3	0.0	0.1	0.4	0
	R	0.07	-0.01	-0.04	-0.09	0
	Год <sub>ст</sub>	1963	1998	2003	1998	-
34917	$\Delta_{ст}, \%$	0.0	7.6	0.0	3.9	0
	$\Delta_{тр}, \%$	9.1	3.3	9.1	2.9	0
	R	0.42	-0.26	0.42	-0.24	0
	Год <sub>ст</sub>	1963	1895	2003	1994	-
34927	$\Delta_{ст}, \%$	2.3	2.1	1.9	2.0	0
	$\Delta_{тр}, \%$	0.1	0.0	1.2	1.3	0
	R	0.03	0.03	-0.15	-0.16	0
	Год <sub>ст</sub>	1955	1955	1970	1999	-
37001	$\Delta_{ст}, \%$	1.4	1.3	1.4	1.3	0
	$\Delta_{тр}, \%$	0.0	0.2	0.0	0.0	0
	R	0.03	0.07	0.03	0.03	0
	Год <sub>ст</sub>	1978	1978	1978	1978	-
37004	$\Delta_{ст}, \%$	1.2	1.1	1.2	2.4	0
	$\Delta_{тр}, \%$	0.1	0.1	0.1	0.3	0
	R	-0.05	0.05	-0.05	-0.08	0
	Год <sub>ст</sub>	2002	1962	2002	1998	-
37006	$\Delta_{ст}, \%$	2.3	6.0	2.3	1.7	0
	$\Delta_{тр}, \%$	1.0	0.1	1.0	0.2	0
	R	0.14	-0.14	0.14	0.06	0
	Год <sub>ст</sub>	2007	1895	2007	1977	-

37009	$\Delta_{ст}, \%$	2.7	4.4	1.7	0.9	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.4	0.3	0.0	0.0	0
	R	0.08	-0.08	0.02	-0.01	0
	Год <sub>ст</sub>	1977	1894	1977	1977	-
37014	$\Delta_{ст}, \%$	2.3	1.8	1.0	1.1	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.6	0.3	0.0	0.0	0
	R	0.11	0.07	0.01	-0.03	0
	Год <sub>ст</sub>	1955	1955	1987	2003	-
37018	$\Delta_{ст}, \%$	1.6	3.8	1.2	1.2	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.4	0.1	0.0	0.0	0
	R	0.09	-0.05	-0.01	-0.01	0
	Год <sub>ст</sub>	1974	1894	1998	1998	-
37031	$\Delta_{ст}, \%$	1.7		3.8		0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.0		0.9		0
	R	0.02		-0.13		0
	Год <sub>ст</sub>	1996		1996		-
37099	$\Delta_{ст}, \%$	3.7	3.7	1.3	1.2	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.3	0.4	0.0	0.0	0
	R	-0.08	-0.08	0.00	0.00	0
	Год <sub>ст</sub>	1894	1894	1977	1977	-
37107	$\Delta_{ст}, \%$	2.2	3.7	4.2	4.2	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.6	0.1	0.8	0.2	0
	R	0.11	-0.04	0.13	0.13	0
	Год <sub>ст</sub>	1977	1894	1974	1974	-
37171	$\Delta_{ст}, \%$	8.6	4.1	8.4	8.1	0
	$\Delta_{гр}, \%$	3.3	0.6	3.0	2.8	0
	R	-0.25	-0.11	-0.24	-0.24	<b>-0.24</b>
	Год <sub>ст</sub>	1997	1894	1997	1997	-

Из результатов табл.4.2 следует, что для всех рядов осадков апреля нестационарные модели являются не эффективными, т.к. их отличие от стационарной модели очень мало и не является статистически значимым. Единственно, что можно условно признать статистически значимым

коэффициент корреляции модели линейного тренда для ряда на метеостанции 37171 Адлер за весь период наблюдений, который характеризует некоторое падение осадков.

Таблица 4.3.

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов осадков июля

Код	Показатель	$P_{\phi}$	$P_{\psi}$	$P_{\phi 60}$	$P_{\psi 60}$	Рез.
34915	$\Delta_{ст}, \%$	3.0		4.3		0
	$\Delta_{тр}, \%$	0.8		0.6		0
	R	0.13		0.11		0
	Год <sub>ст</sub>	1972		1972		-
34917	$\Delta_{ст}, \%$	0.0	4.1	0.0	1.6	0
	$\Delta_{тр}, \%$	3.0	2.3	3.0	0.2	0
	R	0.24	0.21	0.24	0.06	0
	Год <sub>ст</sub>	1972	1972	1972	1988	-
34927	$\Delta_{ст}, \%$	1.9		1.4		0
	$\Delta_{тр}, \%$	1.5		0.7		0
	R	0.17		0.12		0
	Год <sub>ст</sub>	1972		1972		-
37001	$\Delta_{ст}, \%$	3.0		2.8		0
	$\Delta_{тр}, \%$	1.1		0.9		0
	R	0.15		0.14		0
	Год <sub>ст</sub>	1972		1972		-
37004	$\Delta_{ст}, \%$	5.8	5.9	5.7	5.7	0
	$\Delta_{тр}, \%$	5.7	5.7	5.4	5.5	0
	R	0.33	0.33	0.33	0.33	<b>0.33</b>
	Год <sub>ст</sub>	2002	2008	2002	2008	-
37006	$\Delta_{ст}, \%$	<b>14.0</b>	6.7	<b>14.0</b>	6.5	<b>14.0</b>
	$\Delta_{тр}, \%$	9.8	2.3	9.8	2.2	-
	R	0.43	0.21	0.43	0.21	<b>0.43</b>
	Год <sub>ст</sub>	2008	2008	2008	2008	2008

37009	$\Delta_{ст}, \%$	<b>10.0</b>	5.1	9.5	6.8	<b>10.0</b>
	$\Delta_{тр}, \%$	<b>10.6</b>	4.0	9.9	7.2	<b>10.6</b>
	R	0.45	0.28	0.43	0.37	<b>0.45</b>
	Год <sub>ст</sub>	1979	1988	1988	1979	1988
37014	$\Delta_{ст}, \%$	1.3		4.6		0
	$\Delta_{тр}, \%$	0.1		0.6		0
	R	-0.04		0.11		0
	Год <sub>ст</sub>	1957		1972		-
37018	$\Delta_{ст}, \%$	2.0		3.4		0
	$\Delta_{тр}, \%$	1.0		2.1		0
	R	0.14		0.20		0
	Год <sub>ст</sub>	1979		1979		-
37031	$\Delta_{ст}, \%$	3.1		3.9		0
	$\Delta_{тр}, \%$	1.1		1.0		0
	R	0.15		0.14		0
	Год <sub>ст</sub>	1975		1972		-
37099	$\Delta_{ст}, \%$	2.2	2.2	<b>10.6</b>	<b>10.2</b>	<b>10.6</b>
	$\Delta_{тр}, \%$	0.2	0.2	3.4	3.2	0
	R	-0.06	-0.06	0.26	0.25	<b>0.26</b>
	Год <sub>ст</sub>	1898	1898	1979	1979	1979
37107	$\Delta_{ст}, \%$	1.9		2.4		0
	$\Delta_{тр}, \%$	0.4		0.4		0
	R	-0.09		-0.09		0
	Год <sub>ст</sub>	1998		1998		-
37171	$\Delta_{ст}, \%$	2.9		3.1		0
	$\Delta_{тр}, \%$	0.1		0.2		0
	R	-0.05		-0.07		0
	Год <sub>ст</sub>	1996		1996		-

Из результатов табл.4.3 следует, что в июле нестационарные модели уже эффективны для 3 рядов из 13, хотя показатели нестационарности ненамного выше 10% и максимум равны 14%. Во всех трех случаях на метеостанциях

37006 (Новороссийск), 37009 (Джугба) и 37099 (Сочи) наблюдается рост осадков во второй половине ряда.

Таблица 4.4.

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов осадков октября

Код	Показатель	$P_{\phi}$	$P_{\psi}$	$P_{\phi 60}$	$P_{\psi 60}$	Рез.
34915	$\Delta_{ст}, \%$	9.9	7.2	9.2	<b>10.3</b>	<b>10.3</b>
	$\Delta_{гр}, \%$	1.2	0.7	4.2	4.7	0
	R	-0.16	-0.12	0.29	0.30	<b>0.30</b>
	Год <sub>ст</sub>	1951	1951	2001	2001	2001
34927	$\Delta_{ст}, \%$	2.8	6.6	4.9	4.9	0
	$\Delta_{гр}, \%$	0.6	0.0	4.0	4.0	0
	R	0.11	-0.03	0.28	0.28	0
	Год <sub>ст</sub>	1995	1948	1988	1988	-
37001	$\Delta_{ст}, \%$	<b>10.1</b>		9.9		0
	$\Delta_{гр}, \%$	5.0		4.7		0
	R	0.31		0.30		0
	Год <sub>ст</sub>	1997		1997		-
37004	$\Delta_{ст}, \%$	<b>18.1</b>	7.4	<b>18.0</b>	<b>12.4</b>	<b>18.0</b>
	$\Delta_{гр}, \%$	<b>11.8</b>	0.0	<b>12.0</b>	7.2	<b>12.0</b>
	R	0.47	-0.02	0.48	0.37	<b>0.48</b>
	Год <sub>ст</sub>	2001	1948	2001	1996	1996
37006	$\Delta_{ст}, \%$	2.9	6.9	2.9	<b>17.5</b>	<b>17.5</b>
	$\Delta_{гр}, \%$	<b>15.2</b>	0.2	<b>15.2</b>	8.7	<b>15.2</b>
	R	0.53	0.06	0.53	0.41	<b>0.41</b>
	Год <sub>ст</sub>	2007	1995	2007	1995	1995
37009	$\Delta_{ст}, \%$	<b>12.3</b>	1.9	<b>12.2</b>	7.6	<b>12.2</b>
	$\Delta_{гр}, \%$	8.0	0.1	8.0	4.7	8.0
	R	0.39	0.04	0.39	0.30	<b>0.39</b>
	Год <sub>ст</sub>	2001	1996	2001	1995	1995
37014	$\Delta_{ст}, \%$	9.4	6.7	<b>11.4</b>	6.9	<b>11.4</b>
	$\Delta_{гр}, \%$	0.5	0.3	5.8	3.0	5.8

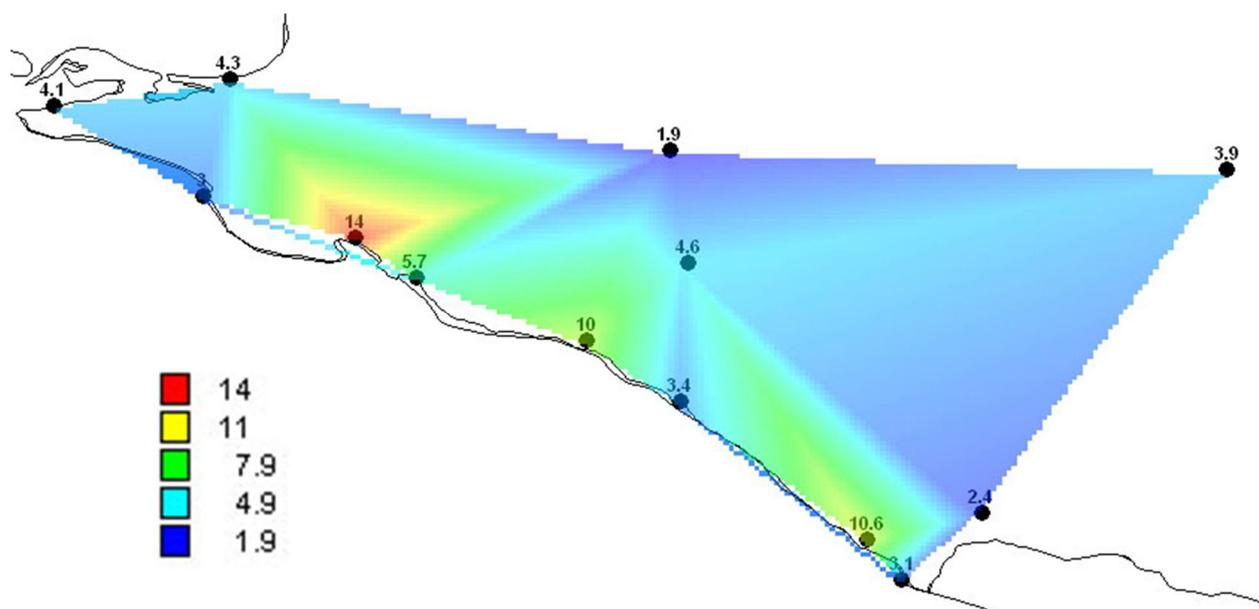
	R	-0.10	-0.08	0.34	0.24	<b>0.34</b>
	Годст	1948	1948	2001	1996	1996
37018	$\Delta_{ст}, \%$	8.4	3.2	<b>10.1</b>	<b>10.1</b>	<b>10.1</b>
	$\Delta_{тр}, \%$	2.3	0.1	5.0	5.0	5.0
	R	0.22	0.04	0.31	0.31	<b>0.31</b>
	Годст	1995	1995	1995	1995	1995
37031	$\Delta_{ст}, \%$	4.1		5.7		0
	$\Delta_{тр}, \%$	0.0		3.7		0
	R	0.01		0.27		0
	Годст	1951		1995		-
37099	$\Delta_{ст}, \%$	2.5	2.6	7.6	7.6	0
	$\Delta_{тр}, \%$	0.1	0.2	3.8	3.9	0
	R	0.05	0.06	0.27	0.28	0
	Годст	1955	1995	1995	1995	-
37107	$\Delta_{ст}, \%$	2.3	1.3	5.7	5.7	0
	$\Delta_{тр}, \%$	0.2	0.1	3.5	3.5	0
	R	0.06	0.04	0.26	0.26	0
	Годст	1948	1995	1970	1970	-
37171	$\Delta_{ст}, \%$	1.2	1.4	1.3	1.5	0
	$\Delta_{тр}, \%$	0.2	0.3	0.2	0.4	0
	R	0.06	0.08	0.07	0.09	0
	Годст	1995	1995	1995	1995	-

Из результатов табл.4.4 следует, что в октябре из 12 рядов осадков к нестационарным относятся 6 временных рядов, т.е. половина и эта нестационарность обусловлена ростом осадков в основном с середины 1990х годов. К нестационарным можно отнести ряды наблюдений на метеостанциях 34915 (Темрюк), 37004 (Геленжик), 37006 (Новороссийск) 37009 (Джугба). 37014 (Горячий Ключ) и 37018 (Туапсе). При этом наиболее эффективной является нестационарная модель с  $\Delta_{ст}=17.5\%$  для ряда осадков на метеостанции Геленжик.

## 4.2. Пространственное обобщение полученных параметров нестационарных моделей по территории

Прежде всего были построены карты показателей нестационарных моделей, полученных в п.4.1 для июля и октября, как месяцев в которых проявляется нестационарность рядов осадков.

На рис.4.1. приведены пространственные распределения показателей нестационарности  $\Delta_{ст},\%$  и  $\Delta_{тр},\%$  (относительные отличия соответственно модели ступенчатых изменений и модели тренда от стационарной модели) и  $R$  (коэффициент корреляции модели линейного тренда) для осадков июля, а на рис.4.2 – для осадков октября.



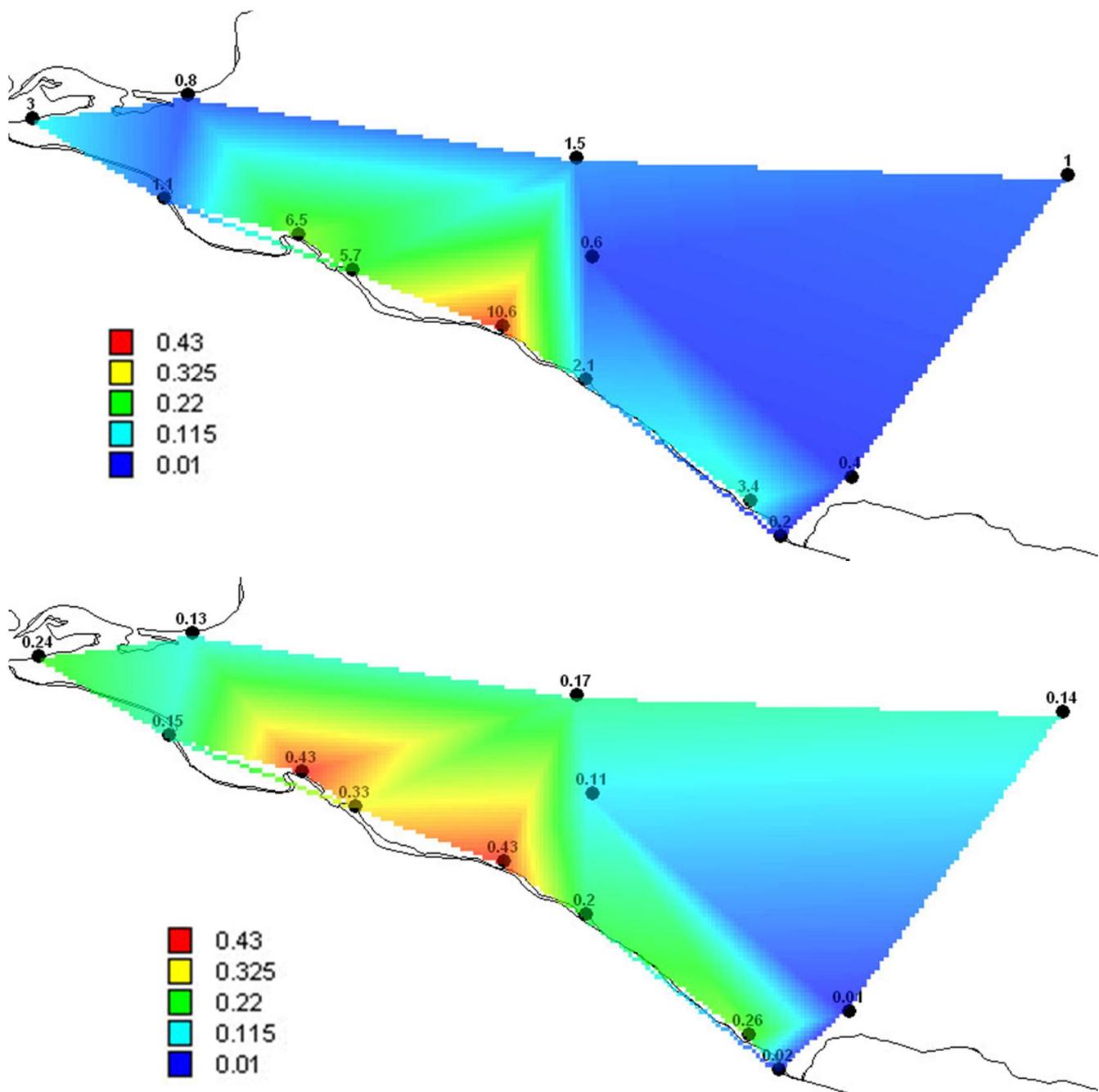


Рис.4.1. Пространственные распределения показателей нестационарных моделей  $\Delta_{ст}, \%$ ,  $\Delta_{тр}, \%$  и  $R$  для осадков июля (сверху вниз).

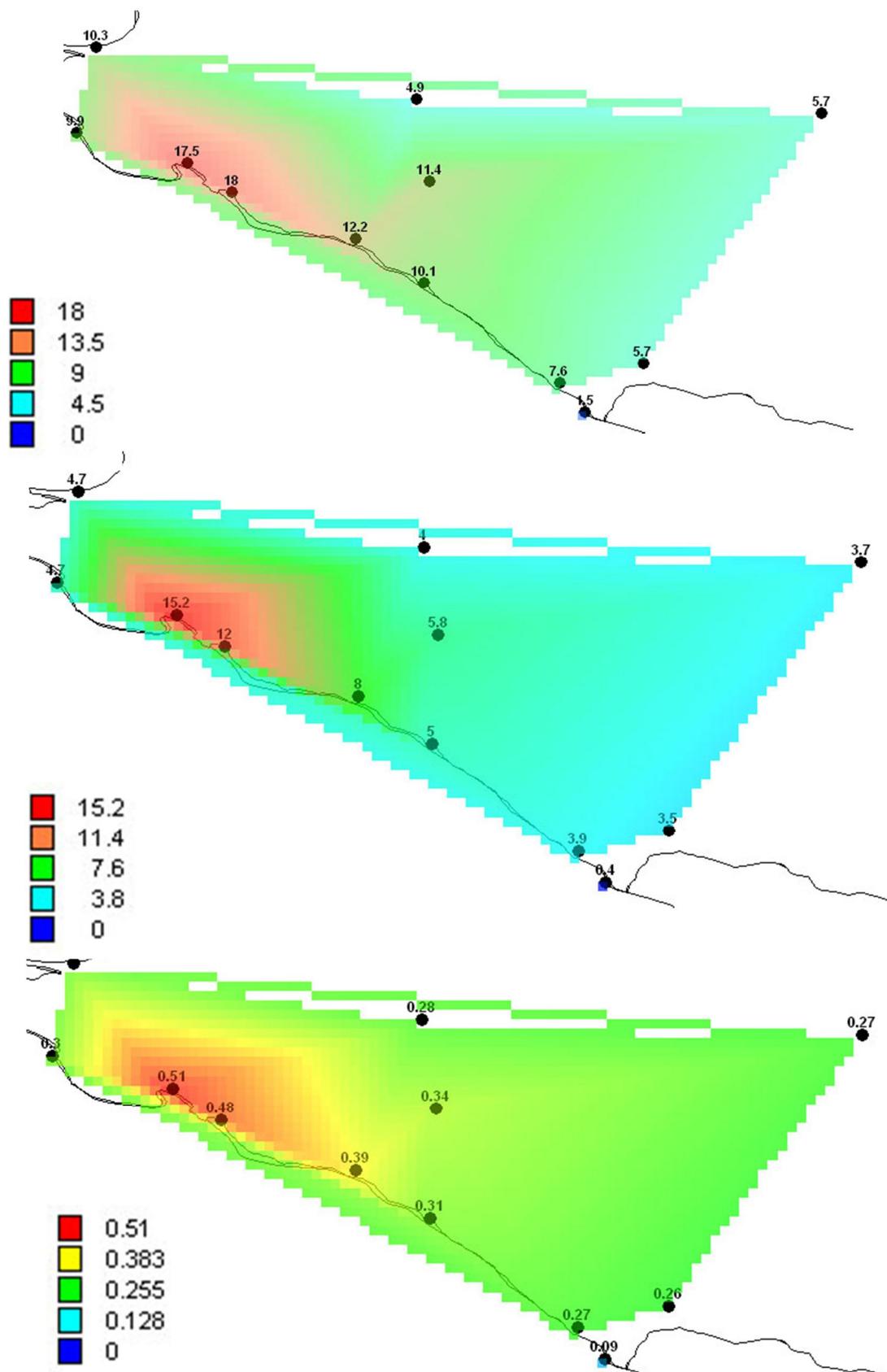


Рис.4.2. Пространственные распределения показателей нестационарных моделей  $\Delta_{ст}, \%$ ,  $\Delta_{тр}, \%$  и  $R$  для осадков октября (сверху вниз).

Как следует из рис.4.1 и 4.2, нестационарные модели характерны для метеостанций, находящихся на побережье и для месяцев теплого сезона года, что видимо обусловлено ростом температур воздуха и возросшим испарением с акватории Черного моря.

Для пространственных обобщений выбраны показатели нестационарных моделей многолетних рядов осадков октября, как самого нестационарного месяца. В связи с тем, что наиболее часто встречающийся год перехода от одного стационарного периода к другому был 1995, то по этому году ряды осадков разделялись на 2 части: с 1960 г. по 1994 г. и с 1995 г. по 2007 г. Для каждой части рядов определялись средние многолетние значения и находилась их разность  $\Delta p$  между средними последней и первой половины рядов, которые приведены в табл.4.5. Как видно из табл.4.5, все разности (в мм) являются положительными, т.е. средние многолетние осадки за последний интервал времени (с 1995 г.) выросли на всех метеостанциях.

Таблица 4.5

Разности средних климатических осадков октября за два полупериода (до 1994 и с 1995 г. по 2017 г.), выбранные для пространственной модели в мм и %.

Код станции	Название	$\Delta p$ , мм	СКО, мм	$\Delta p'$ , %
34915	Темрюк	+19,8	27	0,73
34927	Краснодар	+18,7	32	0,58
37001	Анапа	+26,1	30	0,87
37004	Геленджик	+48,9	37	1,32
37006	Новороссийск	+37,2	31	1,20
37009	Джугба	+52,2	46,3	1,13
37014	Горячий ключ	+35,5	45,8	0,78
37018	Туапсе	+64,8	73,4	0,88
37031	Армавир	+18,4	33,3	0,55
37099	Сочи	+68,9	92,9	0,74
37107	Красная поляна	+54,1	98,6	0,55
37171	Адлер	+22,3	99,0	0,22

Чтобы оценить насколько они выросли в относительных единицах, были определены средние квадратические отклонения (СКО) многолетних рядов

осадков, которые также приведены в табл.4.5. В результате были вычислены относительные показатели роста средних многолетних осадков по отношению к СКО:  $\Delta p' = \Delta p / \text{СКО} * 100\%$ .

На рис.4.3 приведено пространственное распределение  $\Delta p$ , мм для осадков октября как наиболее нестационарных.

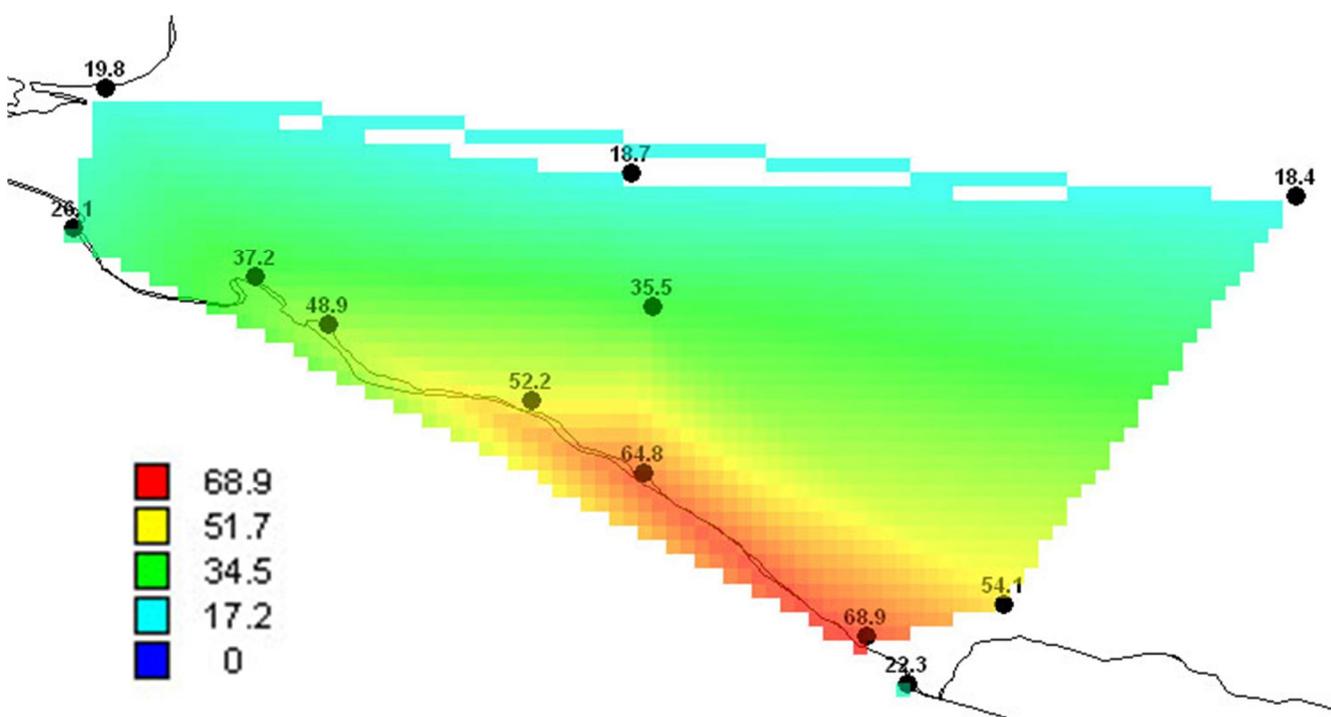


Рис.4.3. Пространственное распределение  $\Delta p$ , мм для осадков октября.

Из анализа пространственного распределения следует, что наибольший прирост норм осадков наблюдается на побережье Черного моря, начиная от Новороссийска. Но примерно также и распределены по территории и сами значения средних осадков. Поэтому, понятно, чем больше нормы осадков, тем больше их прирост в абсолютных единицах.

Большой интерес представляет относительный прирост средних многолетних осадков по отношению к СКО. При этом, если прирост меньше СКО, то вряд ли он является существенным. В соответствии с известными статистическими критериями, прирост может быть статистически значимым,

если он равен двум СКО. Поэтому была также построена карта распределения  $\Delta p$  в %, которая приведена на рис.4.4.

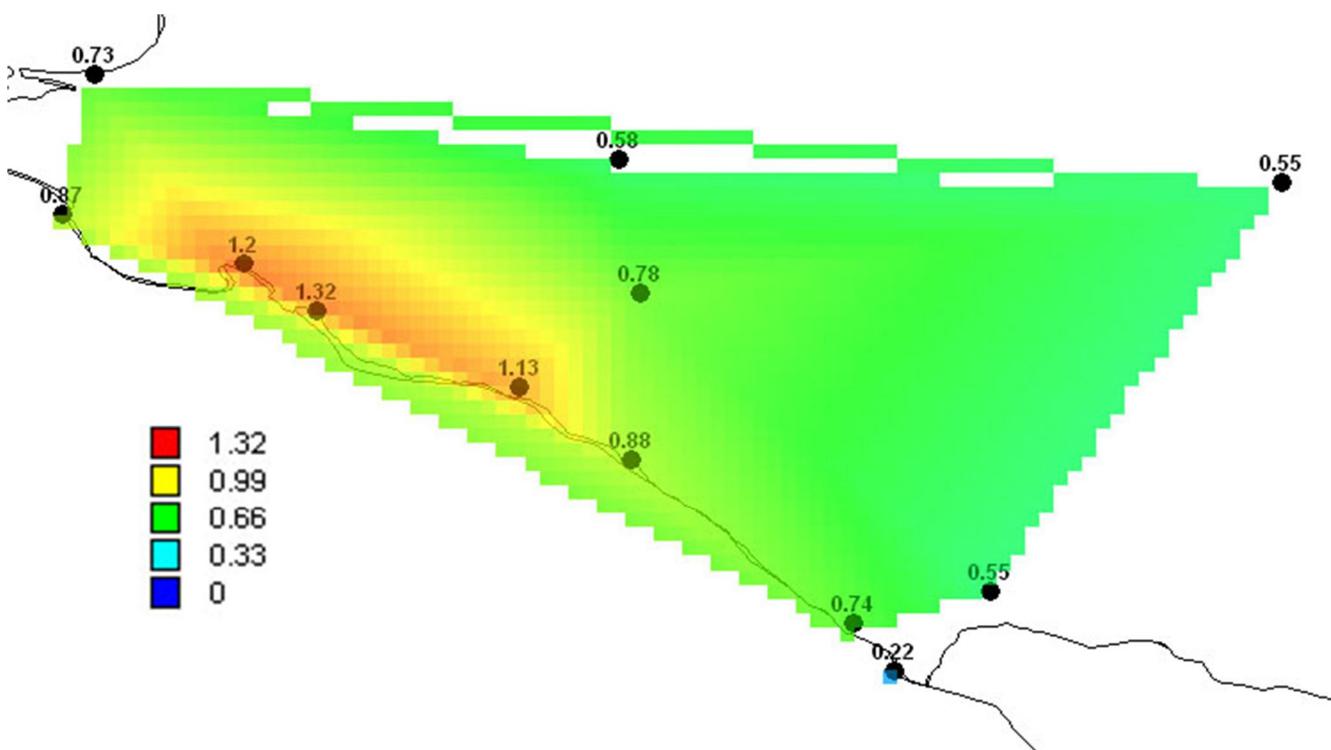


Рис.4.4. Пространственное распределение  $\Delta p$  в % для осадков октября.

Из пространственного распределения относительного прироста осадков следует, что наибольший прирост имеет место также на побережье, но смещен на север по отношению к рис. 4.1. В случае  $\Delta p$  имеют место 3 случая, когда рост средних осадков превышает СКО. Это метеостанции Геленжик, Новороссийск, Джугба. Близки к СКО также изменения на метеостанциях Туапсе и Анапа (0.88 от СКО). Графики всех временных рядов осадков октября с разделением ряда на две части по 1995 г. и линиями средних значений первой и второй половин ряда приведены на рис.4.5 – 4.15.

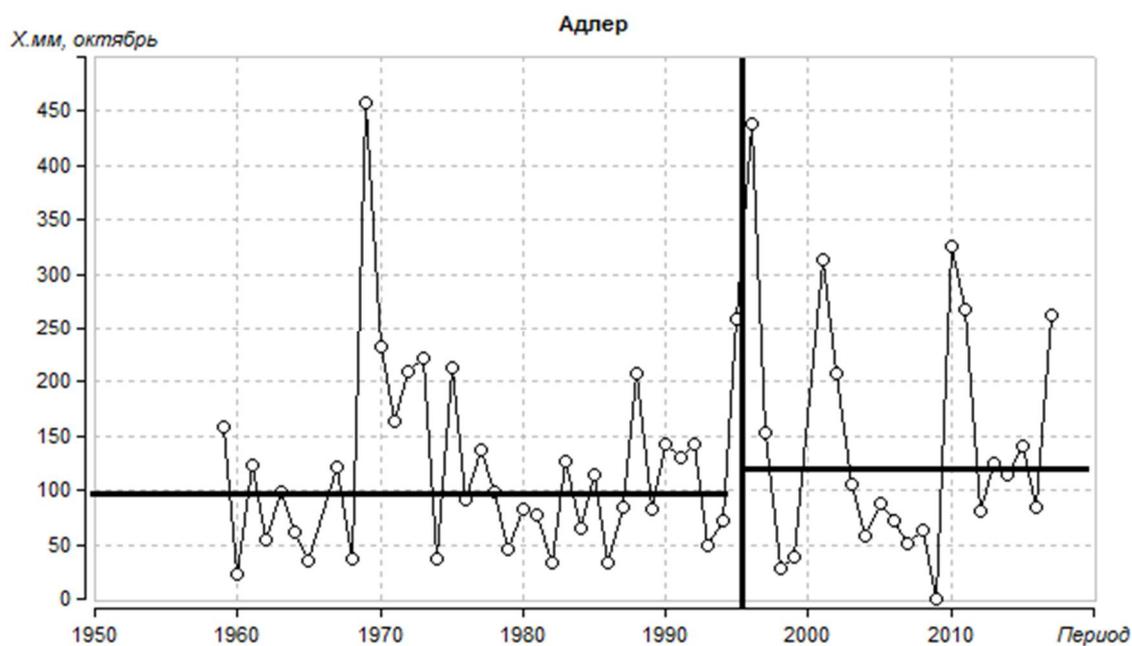


Рис.4.5. Многолетний график осадков октября и его представление в виде двух частей с разными средними многолетними значениями.

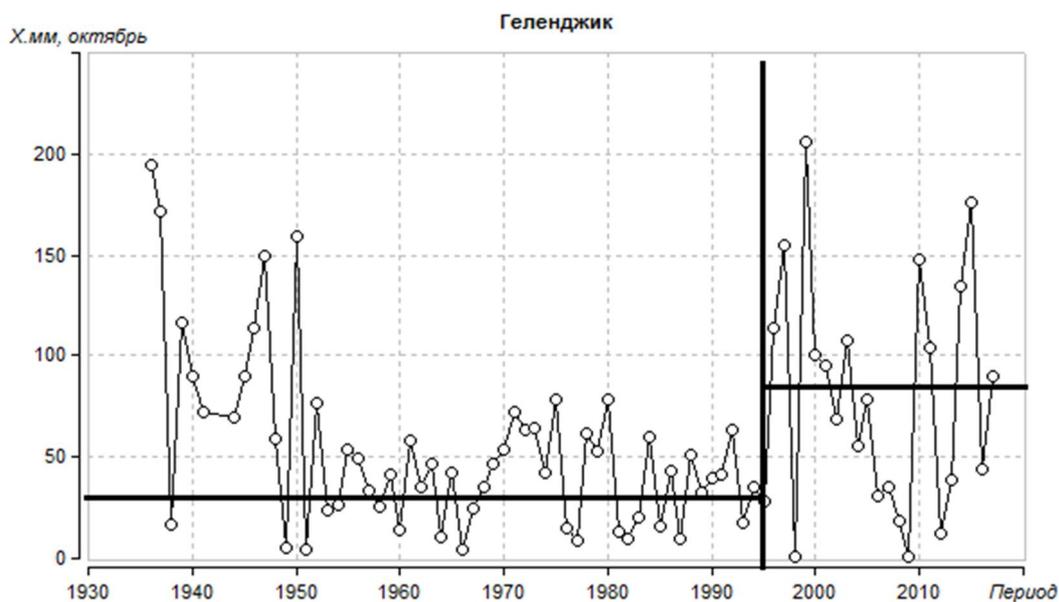


Рис.4.6. Многолетний график осадков октября и его представление в виде двух частей с разными средними многолетними значениями.

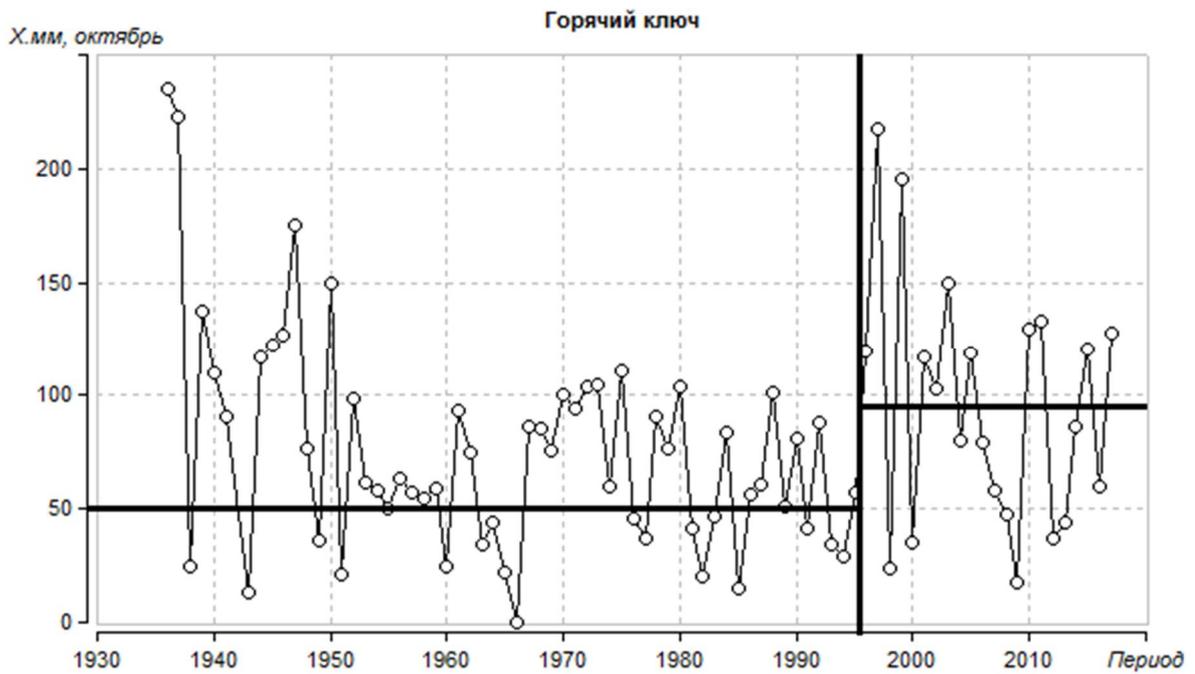


Рис.4.7 Многолетний график осадков октября и его представление в виде двух частей с разными средними многолетними значениями.

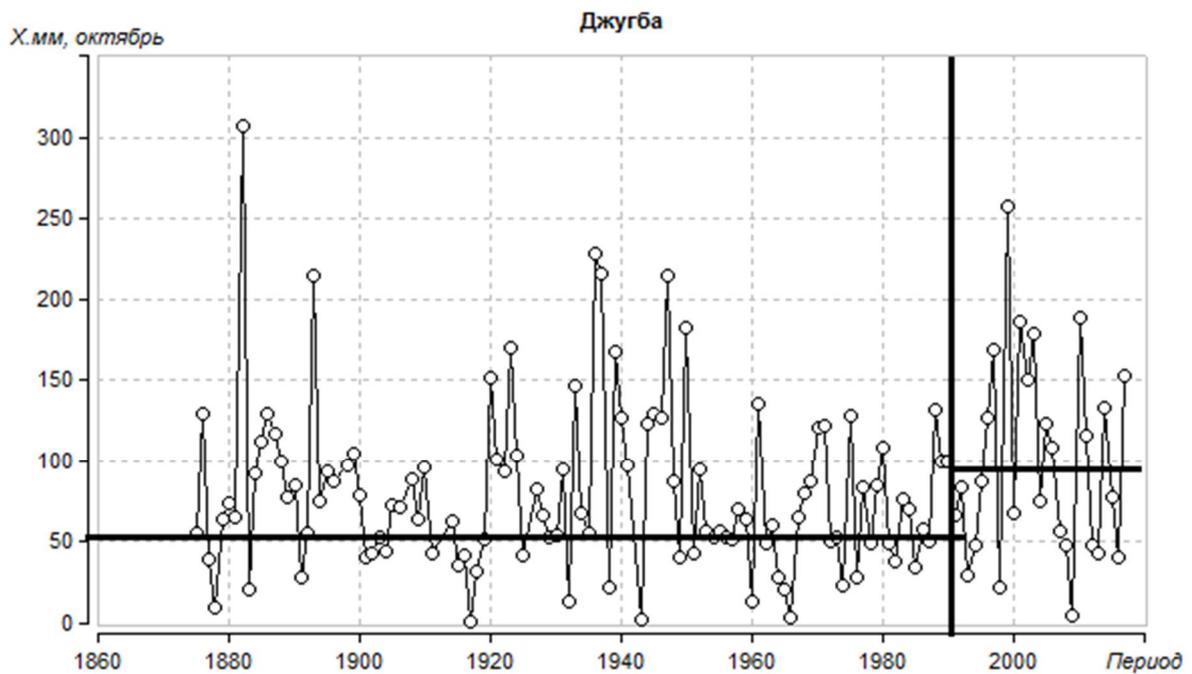


Рис.4.8 Многолетний график осадков октября и его представление в виде двух частей с разными средними многолетними значениями.

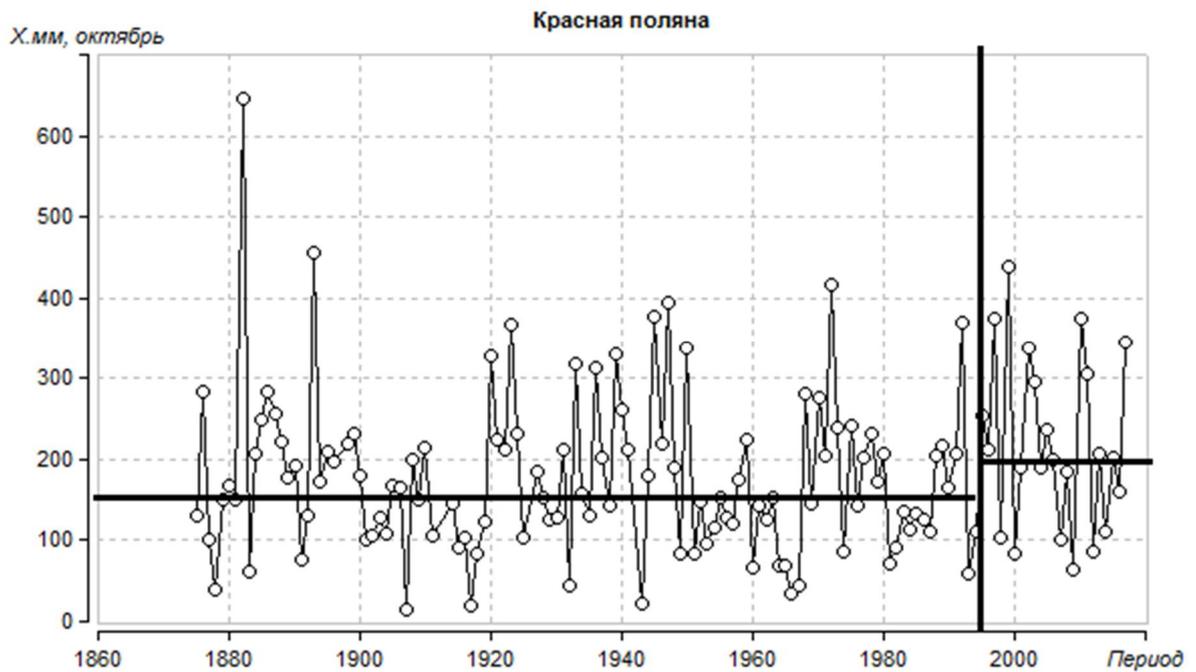


Рис.4.9 Многолетний график осадков октября и его представление в виде двух частей с разными средними многолетними значениями.

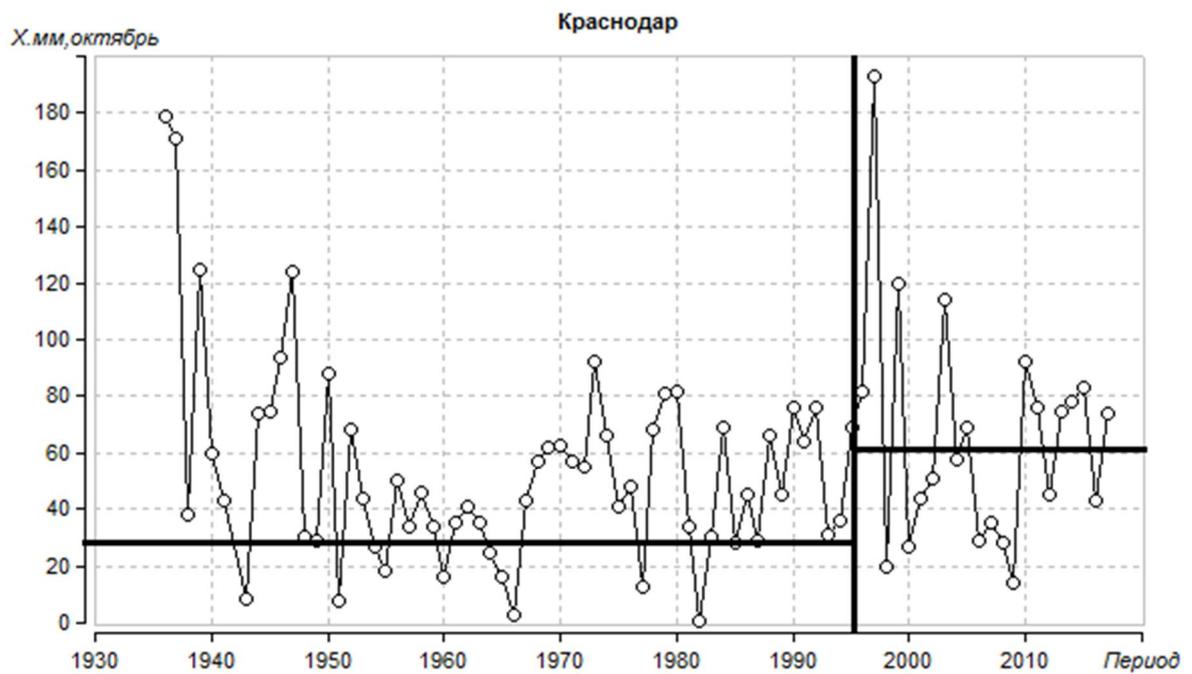


Рис.4.10 Многолетний график осадков октября и его представление в виде двух частей с разными средними многолетними значениями.

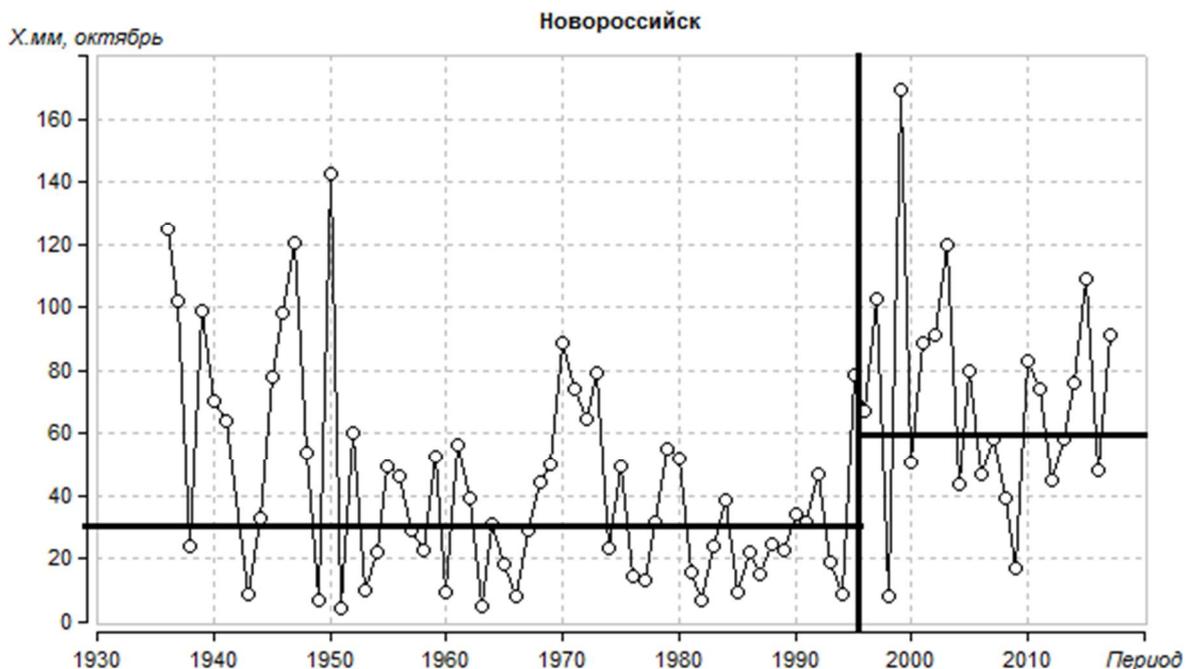


Рис.4.11 Многолетний график осадков октября и его представление в виде двух частей с разными средними многолетними значениями.

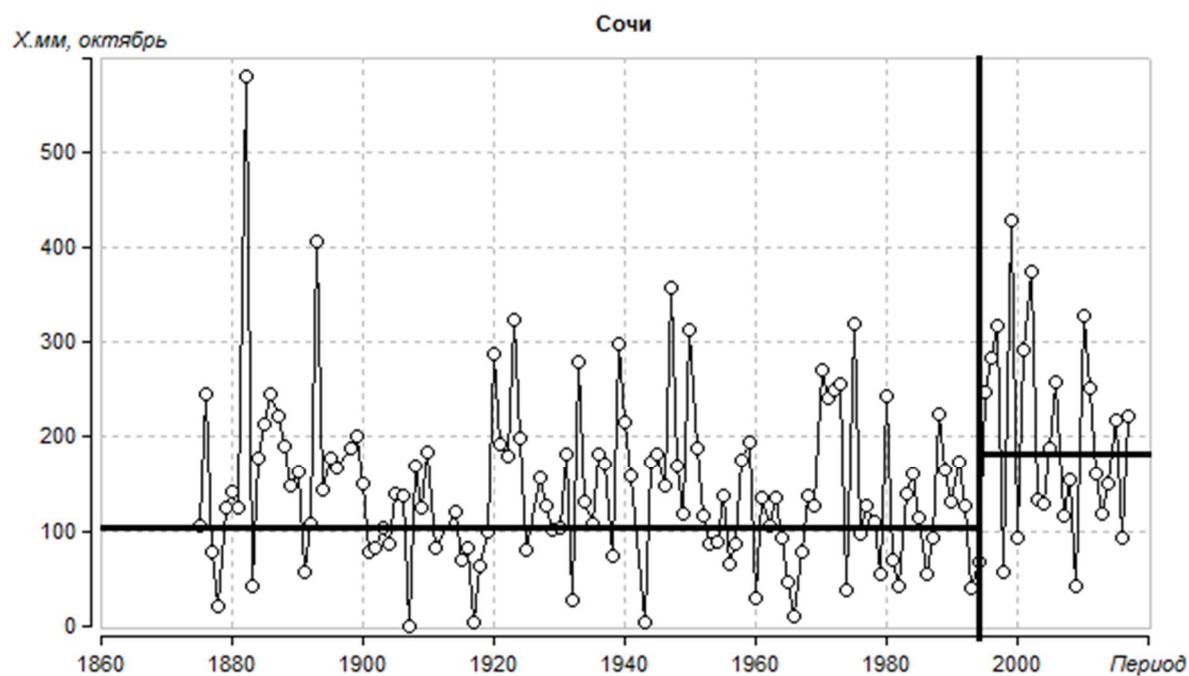


Рис.4.12 Многолетний график осадков октября и его представление в виде двух частей с разными средними многолетними значениями.

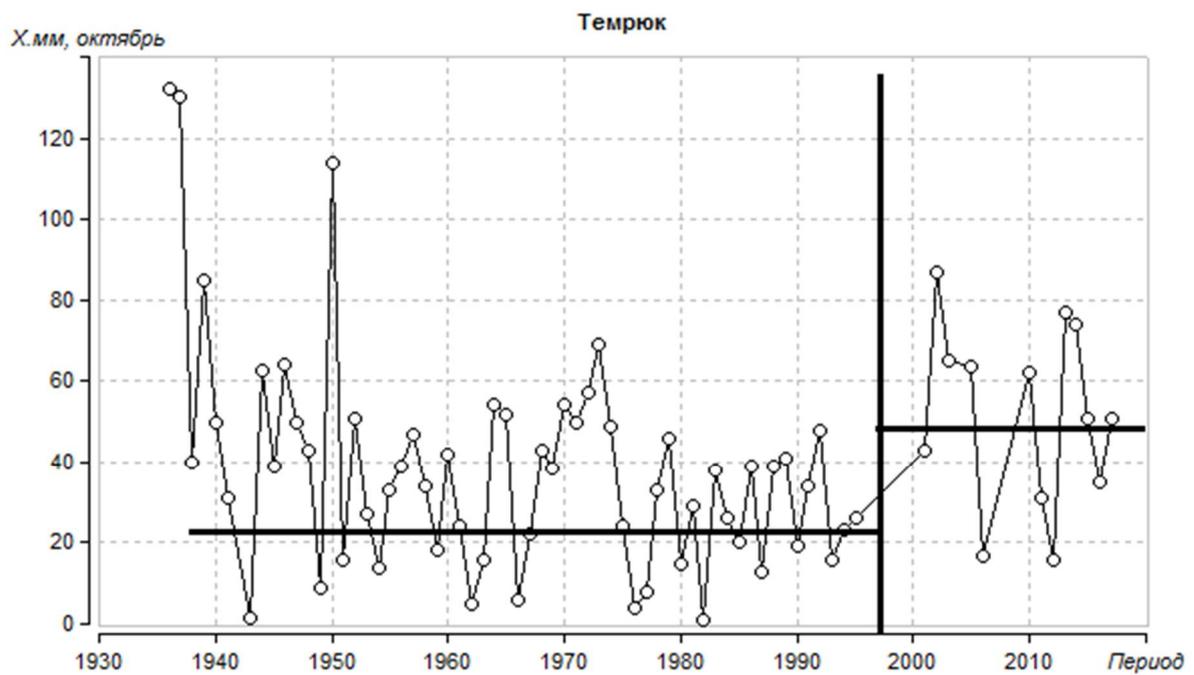


Рис.4.13 Многолетний график осадков октября и его представление в виде двух частей с разными средними многолетними значениями.

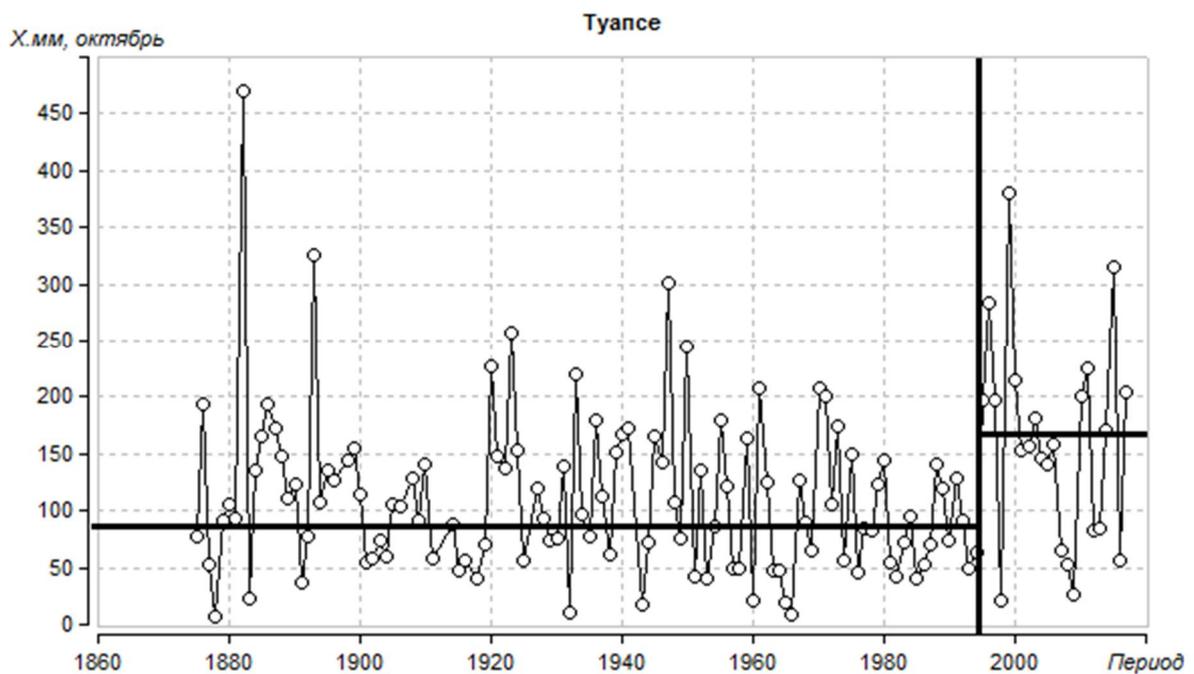


Рис.4.14 Многолетний график осадков октября и его представление в виде двух частей с разными средними многолетними значениями.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненного исследования современных климатических изменений температуры воздуха и осадков в районе Причерноморья получены следующие основные результаты и выводы.

1. Сформирована региональная база данных многолетних рядов температур воздуха и осадков по 13 метеостанциям с начала наблюдений по 2018 г. включительно.
2. Проведен анализ однородности эмпирических распределений и стационарности дисперсий и средних значений, который позволил сформулировать предварительный вывод о практической однородности и стационарности осадков и нестационарности температур летнего периода.
3. Осуществлено восстановление пропусков и приведение рядов наблюдений к многолетнему периоду, что позволило увеличить продолжительность рядов осадков на 30-40%, а рядов температур в 2 раза и получить пространственные распределения вычисленных по этим рядам климатических норм.
4. Выполненное моделирование многолетних временных рядов температур воздуха позволило установить, что нестационарные модели эффективны из характерных месяцев четырех сезонов года только для июля. В основном рост температур имеет ступенчатый характер, относится к концу 1990х годов и составляет  $1,5 - 2,2^{\circ}\text{C}$ .
5. Средние многолетние осадки являются практически стационарными и небольшой их ступенчатый рост также в середине – конце 1990х годов имеет место только в октябре и в меньшей степени в июле. Небольшое превышение СКО наблюдается только на побережье от Новороссийска до Джугбы. Этот рост осадков вполне может быть связан с ростом температуры теплого сезона и увеличением испарения с моря.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Погода и климат – прогнозы погоды, новости погоды, климатические данные [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?id=ru&region=23>: (Дата обращения: 17.05.2019)
2. Горшенёв К. А. Путешествия по Краснодарскому краю. — М.: Физкультура и спорт, 1983. — 177 с.
3. Сайт Королевского метеорологического института Нидерландов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://climexp.knmi.nl/selectstation.cgi?someone>: (Дата обращения: 10.05.2019)
4. Лобанов В.А., И.А.Смирнов. А.Е.Шадурский. Практикум по климатологии. Часть 1. (учебное пособие). Санкт-Петербург, 2011. – 145 с.
5. Лобанов В.А., И.А.Смирнов. А.Е.Шадурский. Практикум по климатологии. Часть 2. (учебное пособие). Санкт-Петербург, 2012. – 180 с.
6. Лобанов В.А., А.Е.Шадурский Выделение зон климатического риска на территории России при современном изменении климата. Монография. Санкт-Петербург, издание РГГМУ, 2013. – 123 с.
7. Тимохин В.Г. Исследование гидрологических характеристик рек Черноморского побережья Краснодарского края для целей централизованного водоснабжения // Материалы научной конференции по вопросам географии Кубани. – Краснодар, 1971. – 142с.
8. В.А.Лобанов Лекции по климатологии. Часть 2. Динамика климата. Кн.1. В 2 кн.: учебник. – СПб.: РГГМУ, 2016. - 332 с.
9. Переведенцев Ю.П. Теория климата. Казанский государственный университет, 2009 – 503 с.

10. Геология и полезные ископаемые Большого Кавказа. – М.: Наука, 1987. – 268 с.
11. Горная энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1991. – Т. 5. – 541 с.
12. Ефремов Ю.В., Панов В.Д., Лурье П.М., Ильичёв Ю.Г., Панова С.В., Лутков Д.А. Орография, оледенение, климат Большого Кавказа: опыт комплексной характеристики и взаимосвязей: монография / Ю.В. Ефремов и др.: Краснодар: Кубанский государственный университет, 2007. – 377 с.
13. Кузнецова Л.П. Перенос влаги в атмосфере над территорией СССР. – М.: Наука, 1978. - 348 с.
14. Нагалецкий Ю.Я., Чистяков В.И. Физическая география Краснодарского края. – Краснодар: Северный Кавказ, 2003. – 256 с.
15. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3, Вып. 13. Ч 1 - 6. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 724 с.
16. Рабинштейн К.Г., Оганесян В.В., Грачев Н.В. Воспроизведение 59 приземной температуры воздуха и ее изменчивости: Метеорология и гидрология. – 2004. – № 8. – С. 46-52.
17. Справочник по климату СССР. Вып. 13. Ч. I. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 427 с.
18. Справочник по климату СССР. Т. 2. Влажность воздуха, осадки и снежный покров. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 343 с.
19. Пихун А.Б. Краеведение. Раздел 2. География Краснодарского края: учебное пособие для студентов Туапсинского гидрометеорологического техникума. – Туапсе: ТГМТ, 2006. – 298 с.