



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: «Климат Эквадора и его изменения»

Исполнитель Арреага Лоайса Ребека  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель доктор технических наук, профессор кафедры МКОА  
(ученая степень, ученое звание)

Лобанов Владимир Алексеевич  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
заведующий кафедрой

  
(подпись)

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

Сероухова Ольга Станиславовна  
(фамилия, имя, отчество)

« 30 » мая 2023 г.

Санкт-Петербург  
2023

## Оглавление

Введение .....	3
Глава 1. Физико-географическое описание Эквадора.....	5
1.1. Географическое положение.....	5
1.2. Рельеф .....	6
1.3. Климат .....	7
1.4. Выбор пунктов наблюдений .....	10
1.5. Методика исследований .....	12
2.2. Анализ графиков многолетних колебаний.....	21
2.3. Моделирование многолетних рядов в пунктах.....	24
2.4. Обобщение показателей не стационарности по территории.....	28
2.5. Количественная оценка изменения температур .....	30
2.6. Особенности климатических изменений на Галапагосских островах.....	34
3. Оценка климатических изменений в рядах весенних температур (апрель).....	36
3.1. Пространственные климатические закономерности.....	36
3.2. Анализ графиков многолетних колебаний.....	38
3.3. Моделирование многолетних рядов в пунктах.....	40
3.4. Обобщение показателей нестационарности по территории.....	44
3.5. Количественная оценка изменения температур.....	46
3.6. Особенности климатических изменений на Галапагосских островах.....	49
4. Оценка климатических изменений в рядах летних температур (июль) .....	50
4.1. Пространственные климатические закономерности.....	50
4.2. Анализ графиков многолетних колебаний.....	53
4.3. Моделирование многолетних рядов в пунктах.....	55
4.4. Обобщение показателей нестационарности по территории.....	58
4.5. Количественная оценка изменения температур.....	61
4.6. Особенности климатических изменений на Галапагосских островах.....	64
5. Оценка климатических изменений в рядах осенних температур (октябрь).....	66
5.1. Пространственные климатические закономерности.....	66
5.2. Анализ графиков многолетних колебаний.....	68
5.3. Моделирование многолетних рядов в пунктах.....	71
5.4. Обобщение показателей нестационарности по территории.....	73
5.5. Количественная оценка изменения температур.....	75
5.6. Особенности климатических изменений на Галапагосских островах.....	78
Заключение .....	80
Список использованных источников .....	82

## Введение

Изменение климата – одна из самых серьезных проблем, стоящих сегодня перед человечеством. Это глобальное явление, которое затрагивает все страны мира, включая Эквадор. Эта страна расположена в привилегированном географическом районе с большим разнообразием экосистем и богатым биоразнообразием. Однако изменение климата оказывает значительное влияние на страну, поскольку несмотря на то, что она является привилегированным районом, она, может быть, одной из наиболее уязвимых к последствиям изменения климата, экстремальные погодные явления и изменчивость климата затронули различные отрасли промышленности, такие как сельское хозяйство и водные ресурсы. Учитывая эту ситуацию, возникает необходимость исследовать и лучше понимать эволюцию климата в стране, чтобы получить полезную информацию, которая позволит реализовать стратегии адаптации и смягчения последствий.

Цель этой работы - проанализировать влияние изменения климата на 20 провинций Эквадора и предложить стратегии и меры по смягчению его негативных последствий. Для этого будет проведен тщательный анализ имеющихся данных о климате и окружающей среде в каждой провинции и их потенциальном воздействии на такие сектора, как сельское хозяйство, водные ресурсы и другие.

В следующем разделе представлен климатический контекст Эквадора, включая географические и климатические характеристики страны, изменчивость и изменение климата в регионе, а также влияние изменения климата на важные сектора экономики Эквадора.

Ожидается, что это исследование внесет вклад в понимание последствий изменения климата в Эквадоре и предоставит ценную информацию для принятия решений в области государственной политики и стратегий адаптации к изменению климата. Кроме того, ожидается, что эта работа послужит

основой для будущих исследований по этому вопросу в Эквадоре и других странах региона.

## Глава 1. Физико-географическое описание Эквадора

### 1.1. Географическое положение

Республика Эквадор (Republica del Ecuador) - государство на северо-западе Южной Америки, по обе стороны от экватора. Эквадор омывается Тихим океаном. В состав Эквадора входят острова Галапагос. Площадь Эквадора составляет 283,6 тыс. км<sup>2</sup>. Эквадор граничит на севере с Колумбией, на востоке и юге с Перу, его западная часть омывается Тихим океаном. Отдельно в физико-географическом отношении стоит район Галапагосских островов. От побережья до островов 1000 км. В этом районе 17 больших островов и 100 малых. Главная особенность архипелага – его редкостная фауна. Административно-территориальное деление Эквадора: 21 провинция. Столица Эквадора — Кито

Географически страна делится на 3 зоны – низменную часть побережья, центральную гористую местность с высокими Андами и восточную сторону (Амазонскую сельву).

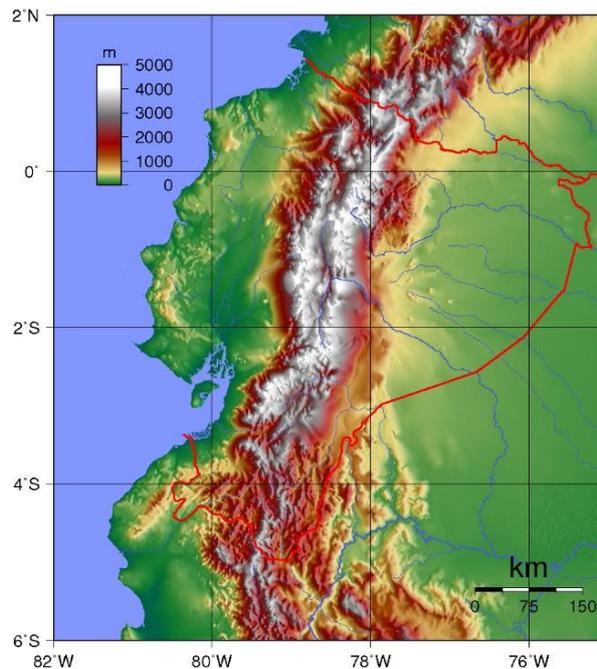


Рис 1.1. Топографическая карта Эквадора

## 1.2. Рельеф

Эквадор расположен в самой узкой части Северных Анд (Эквадорские Анды) и на западной окраине Амазонии. Можно выделить три региона, разделенных их природными условиями: Коста на западе, Сьерра в центре и Амазония на востоке.

Рельеф Косты представлен сочетанием кумулятивных низменностей вдоль системы Рио-Гуаяс и прибрежных участков с невысокими (высота 300-700 м) горными хребтами и массивами (Колонче или Чонгон-Колонче). С другой стороны, Тихоокеанское побережье имеет сложный характер: абразивные участки, расположенные на возвышенностях, и неровные участки, расположенные вдоль береговой линии. и прибрежные выступы со скалистыми мысами, как, например, в провинциях Кабо Посаде и Санта-Элена; они чередуются с такими заливами, как: залив Манта, Гуаякиль и другие.

Сьерра — это область, где расположены Анды, она делит страну с севера на юг на три части: Западные кордельеры, восточные кордельеры и Центральную впадину или межандинскую борозду. Это район страны с наибольшей высотой от 3500 до 4000 метров. Некоторые вершины поднимаются выше 6000 м (вулкан Чимборасо на высоте 6310 м - самая высокая точка Эквадора). На большинстве вершин есть вечные снега и ледники. В западном хребте есть несколько скал, по которым проходят различные речные коридоры. Восточный горный массив имеет более высокую среднюю высоту и более вулканически активен. Центральная впадина расположена между обоими блоками. Его ширина составляет около 60 или 70 километров, и он имеет большие топографические неровности, ямы или узлы, которые затрудняют сообщение между ними. Они образуют межандские плато со средней высотой 2500 метров. Это 15 лунок, названия которых связаны с протекающей в них рекой или главным городом. Дальше на восток находится ряд горных хребтов, которые были названы Третьим хребтом. Это Серро

Ревентадор, массив Напой Галерас, Сьерра-де-Кутуку и Сьерра-дель-Кондор. Последние два отделены от первых двумя равниной реки Пастаза.

Район Ориенте находится в регионе Амазонки. Он расположен на востоке страны и характеризуется тем, что является почти равнинным и очень лесистым. Там расположены крупные нефтяные месторождения. Это составляет 43% территории страны. Часть, ближайшая к Восточному хребту, поднимается на высоту до 800 метров, а отсюда опускается до 150 метров, примерно на 200 километров в виде речных отложений.

Галапагосские острова — это архипелаг вулканического происхождения, расположенный примерно в 1000 километрах от побережья. Он состоит из 13 крупных вулканических островов, 6 небольших островов и 107 скал и островков. Самая высокая точка на этих островах-вулкан Вольф, высота которого составляет 1707 м. Острова славятся своим большим биоразнообразием.

### 1.3. Климат

Эквадор столкнулся с увеличением изменчивости и изменения климата в последние десятилетия. Предыдущие исследования указывают на повышение температуры в большинстве регионов страны с тенденцией к увеличению частоты экстремальных погодных явлений, таких как засухи и наводнения.

Изменение климата также оказывает значительное влияние на ледники в Андском регионе, которые за последние десятилетия значительно отступили. Исчезновение ледников может оказать значительное влияние на наличие воды в речных бассейнах, что, в свою очередь, может повлиять на сельское хозяйство и другие сектора.

В регионе Коста средняя температура по всему региону колеблется от 24-25°C, хотя в районах горного хребта она может быть ниже 22°C.

Регион Сьерра характеризуется очень влажным тропическим климатом в переходных зонах к побережью и Амазонии, умеренным от полувлажного до влажного в межандинской зоне, жарким и сухим в межандинских долинах и холодным высоким горным болотом на высоте около 3000 м. Этот регион получает чередующееся влияние океанских и амазонских воздушных масс и колебаний зоны межтропической конвергенции, поэтому он регистрирует два сезона дождей (бимодальное распределение осадков) в период с марта по апрель и октябрь-ноябрь. Среднегодовое количество осадков колеблется от 800 до 1500 мм, за исключением района долины Чота (300 мм). Самые высокие температуры регистрируются в период с декабря по январь, с минимумами в период с апреля по июнь. Температура привязана к высоте; между 1500 и 3000 м средние значения варьируются от 8 до 20°C, с температурным градиентом ~5°C на 1000 м высоты

Регион Ориенте характеризуется очень влажным тропическим климатом по всему региону круглый год из-за удержания влаги большими лесами Амазонки. Осадки в этом регионе постоянны, с небольшим увеличением в период с марта по июль и уменьшением в августе и январе в результате движения зоны межтропической конвергенции. Штормы очень распространены в регионе. Максимальное количество осадков (>4500 мм) по всей стране зарегистрировано в районе Мера и Пуйо в провинции Пастаса. Средняя температура 24-25°C, которая колеблется очень мало, с максимумами до 40°C в мае месяце

В регионе Галапагос наличие холодного течения Гумбольдта снижает температуру между месяцами с июля по декабрь. Дождевые характеристики также варьируются в зависимости от высоты. Низменные районы имеют сухой климат с небольшим увеличением осадков в феврале и июне-сентябре и средней температурой 23°C, в то время как низменные районы имеют более длительный период дождей, с ноября по февраль, и их температура падает на несколько градусов

Обычно с июня по декабрь холодное течение Гумбольдта приходит с юга и создает инверсию, которая захватывает холодный влажный туман, называемый гаруа, вблизи океана, что создает холодный и сухой климат. Как правило, в декабре пассаты отступают, а океанские течения меняются, позволяя Галапагосским островам проникать из теплого Панамского течения, прибывающего с севера, принося тропический климат с теплым солнечным утром, за которым следуют облака и случайные ливни во второй половине дня.

Климатические зоны на территории Эквадора и карта распределения осадков показаны на рис.1.2.

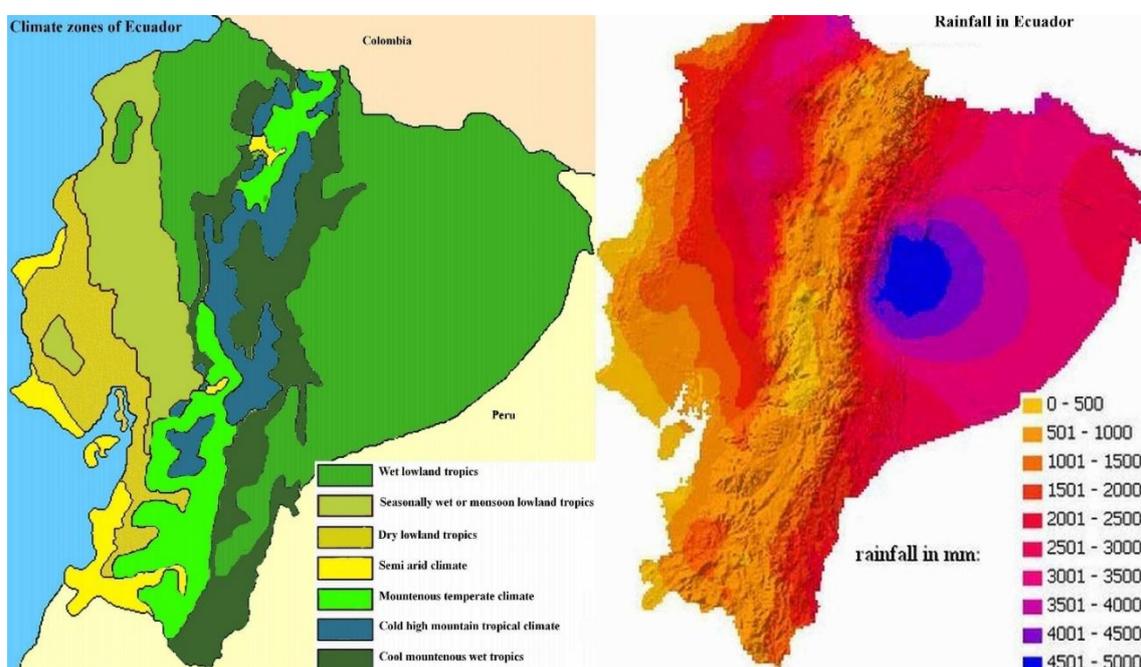


Рис 1.2. Климатическая карта Эквадора

#### 1.4. Выбор пунктов наблюдений

Изучаемая климатическая величина — это среднемесячная температура воздуха на 20 метеостанциях, расположенных на территории Наиболее продолжительные ряды среднемесячных температур воздуха получены со следующих электронных ресурсов в Интернете:

- сайт "Погода и климат"
- сайт Национального института метеорологии и гидрологии - INAMHI Эквадора.

Для отображения на карте расположения метеостанций использовалась программа "MapInfo GIS", где с помощью координат была сформирована географическая информационная карта. Расположение метеостанций показано на рис.1.3.

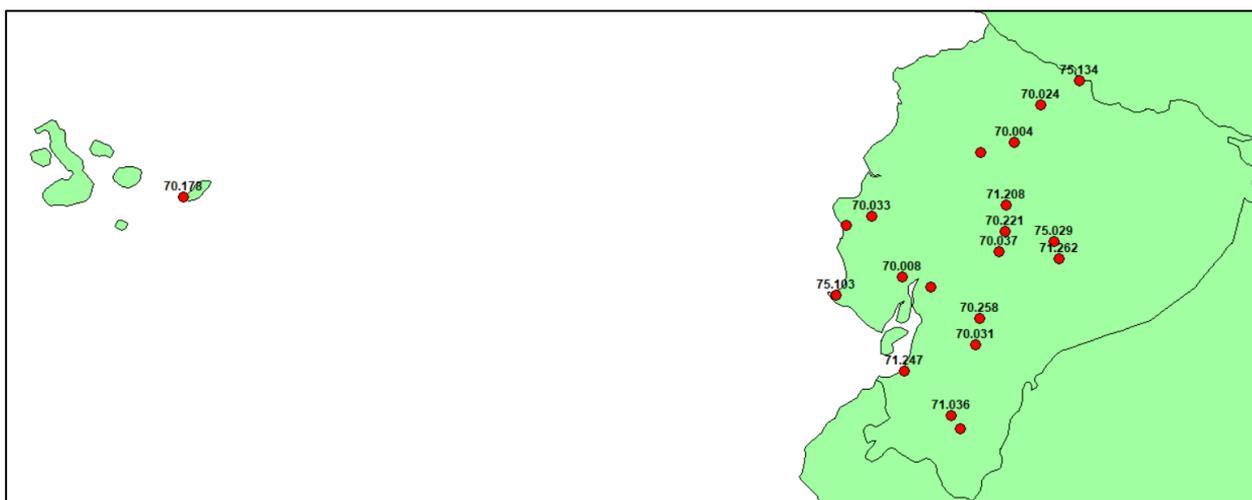


Рис 1.3. Метеорологические станции Эквадора

В результате была сформирована база данных по 20 метеорологическим станциям с многолетними рядами среднемесячных температур воздуха. С помощью средств управления базой данных были получены необходимые информационные характеристик по 20 метеорологическим станциям Эквадора, показанным в табл.1.1.

Таблица.1.1

Названия метеостанций, их координаты и период наблюдений за  
среднемесячной температурой воздуха

Название	Код ВМО	Широта	Долгота	Период	Кол-во лет
Латакунга	70004	-1,020	-78,59	1950-2022	73
Пуйо	70008	-1,505	-77,95	1950-2022	73
Кито	70024	-0,178	-78,48	1930-2022	93
Каньяр	70031	-2,552	-78,94	1950-2022	73
Лоха	70033	-4,037	-79,20	1950-2022	73
Милагро	70037	-2,118	-79,60	1950-2022	73
Гуаякиль	70178	-1,983	-79,98	1950-2022	73
Сан-Кристобаль-Галапагос	70221	-0,904	-89,61	1950-2022	73
Амбато	70258	-1,367	-78,60	1950-2022	73
Риобамба	71036	-1,650	-78,68	1950-2022	73
Салинас	71170	-2,233	-80,87	1950-2022	73
Портовьехо	71208	-1,164	-80,39	1950-2022	73
Манта	71233	-1,286	-80,72	1950-2022	73
Ибарра	71240	0,329	-78,13	1950-2022	73
Катамайо	71247	-3,850	-79,33	1950-2022	73
Сан-Габриэль карчи	71256	0,654	-77,60	1950-2022	73
Ла-Конкордия Ст. Доминго	71262	-0,314	-78,93	1950-2022	73
Пастаза	75029	-1,737	-77,88	1950-2022	73
Куэнка	75103	-2,897	-79,00	1930-2022	93
Мачала	75134	-3,259	-79,95	1950-2022	73

Согласно информации, представленной в Табл.1.1, период температурных наблюдений начинался с 1930х – 1950х годов XX века и заканчивался в XXI веке в 2022 году. Количество лет наблюдений неодинаково из-за 2х станций: это Кито и Куэнка, где он составляет 92 года, а на остальных станциях период наблюдений 72 года.

## 1.5. Методика исследований

Общая методика обработки и анализа данных в характерные месяцы каждого сезона года включала в себя следующие основные виды работ:

- анализ однородности и стационарности исходных данных;
- расчеты средних многолетних температур на каждой метеостанции и построение климатической пространственной модели с помощью интерполятора ГИС MapInfo;
- построение и анализ графиков многолетних рядов температур на каждой станции и предварительная оценка как экстремальных значений, так и выявленных изменений средних значений во временных рядах;
- аппроксимация многолетних временных рядов на метеостанциях моделями нестационарного среднего двух видов: линейного тренда и ступенчатых изменений среднего значения и оценка эффективности по отношению к модели стационарной выборки и их статистической значимости;
- оценка устойчивости показателей эффективности нестационарных моделей при аппроксимации временных рядов за разные периоды времени;
- построение пространственных моделей показателей эффективности моделей нестационарного среднего и оценка их пространственных закономерностей;
- расчеты количественных изменений средних температур за многолетний период в абсолютных единицах ( $^{\circ}\text{C}$ ) и по отношению к естественной изменчивости;
- построение и анализ закономерностей пространственных распределений количественных изменений средних температур за многолетний период в абсолютных единицах ( $^{\circ}\text{C}$ ) и по отношению к естественной изменчивости.

Для описания структуры ряда на любом исследуемом временном промежутке, используются две базовые модели: стационарная и

нестационарная. В стационарной модели средние значения и дисперсии сохраняются постоянными со временем, то есть являются стационарными.

Впрочем, исключая случайные флуктуации во временных рядах климатических характеристик имеют место нестационарные составляющие, вызванные воздействием факторов климатической системой с продолжительными временными масштабами. Как правило, нестационарные модели бывают трех видов:

- монотонные изменения в виде линейного тренда;
- циклические колебания;
- ступенчатые переходы.

Обе модели, приведенные выше аналитически, можно описать следующим образом.

Стационарная модель характеризуется неизменностью во времени основных параметров ряда (среднего значения и среднего квадратического отклонения):

$$Sr(t) = const ; \sigma(t) = const \quad (1.1)$$

где  $Sr$  и  $\sigma$  - среднее значение ряда и среднее квадратическое отклонение,  
 $t$  – время

На практике, для проверки условий, приведенных в формуле (1.1), проводится сравнение средних значений и дисперсий временного ряда по критериям Фишера и Стьюдента, который разделен на две равные части.

Модель линейного тренда характеризуется зависимостью рассматриваемой климатической характеристики ( $Y$ ) от времени ( $t$ ):

$$Y(t) = b_1 + b_0 \quad (1.2)$$

где  $b_1$  и  $b_0$  - коэффициенты уравнения регрессии, определяемые методом наименьших квадратов:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{cp})(t_i - t_{cp})}{\sum_{i=1}^n (t_i - t_{cp})^2} \quad (1.3)$$

$$b_0 = Y_{cp} - b_1 t_{cp} \quad (1.4)$$

где  $Y_{cp}$  и  $t_{cp}$  - средние значения для рядов климатической характеристики и времени

Статистическая значимость модели линейного тренда оценивается по статистической значимости коэффициента  $b_1$  или коэффициента корреляции  $R$  зависимости (1.2), который рассчитывается по формуле:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{cp})(t_i - t_{cp})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{cp})^2 \sum_{i=1}^n (t_i - t_{cp})^2}} \quad (1.5)$$

Статистическая значимость  $R$  определяется из условия  $R \geq R^*$ , где  $R^*$  - критическое значение коэффициента корреляции, определяемое при заданном числе степеней свободы ( $\nu$ ) и уровне значимости ( $\alpha$ ). Где  $\nu = n - 2$ ,  $n$  - объем ряда,  $\alpha = 5\%$ .

Модель ступенчатых изменений аналогична двум (или нескольким) стационарным моделям для двух (или нескольких) частей временного ряда, что характеризуется неизменностью во времени среднего значения и среднего квадратического отклонения для каждой части ряда:

$$\begin{aligned}
Sr_1(t_1) &= const1; \sigma_1(t_1) = const1; \\
Sr_2(t_2) &= const2; \sigma_2(t_2) = const2.
\end{aligned}
\tag{1.6}$$

где  $Sr_1$  и  $\sigma_1$  – среднее значение и среднее квадратическое отклонение первой части ряда при изменении  $t_1$  от 1 до  $t_n$ ;

$Sr_2$  и  $\sigma_1$  – среднее значение и среднее квадратическое отклонение второй части ряда при изменении  $t_2$  от  $t_n + 1$  до  $n$ ,  $n$  – объем ряда.

Момент ступенчатых изменений ( $t_n$ ) определяется визуально или на основе дополнительной информации о факторе и дате нарушения стационарности (например, изменение индекса атмосферной циркуляции, даты смены регистрирующих приборов), а также может быть определен итерациями при достижении минимального значения сумм квадратов отклонений двух частей временного ряда.

Выбор наиболее эффективной модели для аппроксимации временного ряда осуществляется на основе сравнения остаточных дисперсий или стандартных отклонений относительно рассматриваемой базовой модели. В нашем случае базовой является модель стационарной выборки и для нее остаточная дисперсия (или стандартное отклонение) представляет собой дисперсию или среднее квадратическое отклонение исходного ряда наблюдений.

Для модели линейного тренда стандартное отклонение остатков, которые являются разностями между фактическими и расчетными по модели значениями, вычисляется по формуле:

$$\sigma_\varepsilon = \sigma_y \sqrt{1 - R^2}
\tag{1.7}$$

где  $\sigma_y$  – стандартное отклонение исходного ряда (модель стационарного среднего);  $\sigma_\varepsilon$  – стандартное отклонение остатков относительно модели линейного тренда;  $R$  – коэффициент корреляции уравнения линейного тренда.

Для модели ступенчатых изменений стандарт остатков вычисляется по информации за два интервала времени по формуле:

$$\sigma_{\text{ступ}} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2 n_1 + \sigma_2^2 n_2 + \sigma_3^2 n_3}{(n_1 + n_2 + n_3 - 1)}} \quad (1.8)$$

где  $\sigma_{\text{ступ}}$  – стандартное отклонение остатков относительно модели ступенчатых изменений;

$n_1, n_2, n_3$  - объёмы стационарных частей ряда наблюдений в годах.

Для количественной оценки отличий модели тренда, модели ступенчатых изменений и гармонической модели от модели стационарного среднего рассчитываются относительные погрешности по формулам:

$$\Delta_{\text{тр}} = \left( \frac{\sigma_y - \sigma_\varepsilon}{\sigma_y} \right) 100\%, \quad (1.9)$$

$$\Delta_{\text{ступ}} = \left( \frac{\sigma_y - \sigma_{\text{ступ}}}{\sigma_y} \right) 100\%. \quad (1.10)$$

где  $\Delta_{\text{тр}}, \Delta_{\text{ступ}}$  – относительные погрешности или отличия (в %) модели тренда, гармонической модели и модели ступенчатых изменений от модели стационарной выборки;

Для оценки статистической значимости монотонных (трендовых) и ступенчатых изменений во временных рядах применяется критерий Фишера, количественно показывающий, насколько статистически значимо отличаются остаточные дисперсии выбранных моделей от дисперсии временного ряда (стационарной модели). Статистики критерия Фишера для каждой из трех конкурирующих моделей по отношению к модели стационарной выборки вычисляются по формулам:

$$F_{\text{тр}} = \frac{\sigma^2_y}{\sigma^2_\varepsilon} \quad (1.11)$$

$$F_{\text{ступ}} = \frac{\sigma^2_y}{\sigma^2_{\text{ступ}}} \quad (1.12)$$

В числителе всегда будет дисперсия исходного ряда наблюдений, так как она является наибольшей или, по крайней мере, равна остаточной дисперсии конкурирующей модели. В случае если расчётное значение статистики Фишера оказывается больше критического, то дисперсии двух моделей имеют статистически значимое различие и соответствующая модель (тренда или ступенчатых изменений) статистически эффективнее, чем модель стационарной выборки.

## 2. Оценка климатических изменений в рядах зимних температур (январь)

### 2.1. Пространственные климатические закономерности

На территории Эквадора могут наблюдаться различные пространственные климатические закономерности, связанные с широтой, высотой и близостью к Тихому океану. Страна отличается широким климатическим разнообразием из-за своего географического положения в тропическом регионе Южной Америки.

Широта играет значительную роль в климате Эквадора. По мере того, как мы перемещаемся с тихоокеанского побережья в более высокогорные районы Сьерра, а затем в регион Амазонки, происходят значительные климатические изменения. На побережье (район Коста) преобладает тропический и субтропический климат, в то время как в горах Сьерра наблюдаются более низкие температуры и более резкие климатические колебания между влажным и сухим сезонами. В регионе Амазонки круглый год наблюдается жаркий и влажный климат.

Высота над уровнем моря также влияет на климат Эквадора. По мере того, как мы поднимаемся на большую высоту в горах, температура падает и это приводит к более прохладному климату с наличием пустошей и снежных заносов в высоких горах. Напротив, в прибрежных низменностях и регионе Амазонки, где высоты ниже, наблюдаются более высокие температуры и более высокая климатическая стабильность.

Близость к Тихому океану также оказывает влияние на климат Эквадора. Течение Гумбольдта, текущее с юга к побережью Эквадора, оказывает сдерживающее влияние на температуру, сохраняя ее более прохладной по сравнению с другими тропическими районами на той же широте. Кроме того,

течение Эль-Ниньо, периодическое климатическое явление, приводит к значительным изменениям погодных условий по всей стране.

Подробный анализ данных, собранных со станций в Эквадоре, с учетом широты, высоты и влияния Тихого океана позволит лучше понять законы климата на этой территории. Эти данные будут способствовать изучению и пониманию погодных условий в различных регионах Эквадора и станут прочной основой для будущих исследований климата в стране.

Рассчитанные значения средней многолетней температуры января приведены в табл.2.1, где также представлены названия станций, их код ВМО и координаты станций в виде широты, долготы и высоты.

Таблица 2.1.

Названия, коды метеостанции, их широта, долгота, высота и средняя температура января

Название	Код	широта	долгота	высота	Сред. Темп
Латакунга	70004	-1,020000	-78,594600	2685,00	13,4
Пуйо	70008	-1,505700	-77,956000	956,00	21,3
Кито	70024	-0,178300	-78,487700	2789,00	13,7
Каньяр	70031	-2,552200	-78,945200	3083,00	11,7
Лоха	70033	-4,037500	-79,203400	2160,00	16,1
Милагро	70037	-2,118056	-79,600278	23,00	25,9
Гуаякиль	70178	-1,983333	-79,983333	28,00	26,6
Сан-Кристобаль-Галапагос	70221	-0,904056	-89,614306	6,00	25,3
Амбато	70258	-1,367100	-78,605500	2865,00	14,7
Риобамба	71036	-1,650833	-78,685214	2850,00	14,5
Салинас	71170	-2,233611	-80,875125	13,00	24,7
Портовьехо	71208	-1,164167	-80,390000	60,00	26,1
Манта	71233	-1,286875	-80,728997	64,00	24,7
Ибарра	71240	0,329733	-78,132431	2256,00	16,0
Катамайо	71247	-3,850000	-79,333333	2390,00	24,1
Сан-Габриэль карчи	71256	0,654722	-77,605278	2963,00	12,5
Ла-Конкордия Ст. Доминго	71262	-0,314167	-78,933611	902,00	24,3
Пастаза	75029	-1,737700	-77,882000	784,00	21,1
Куэнка	75103	-2,897464	-79,003108	2525,00	15,3
Мачала	75134	-3,259303	-79,954136	3,00	25,8

Из данных таблицы 2.1 видно, что чем выше высота над уровнем моря, тем ниже температура из-за рельефа, который представлен Андами, за исключением Катамайо, поскольку это единственный город в районе Сьерра, где температура теплая; напротив, чем ниже высота над уровнем моря, тем выше температура. Региональная зависимость между средней многолетней температурой и высотой метеостанции приведена на рис.2.1, а пространственное распределение температур – на рис.2.2.

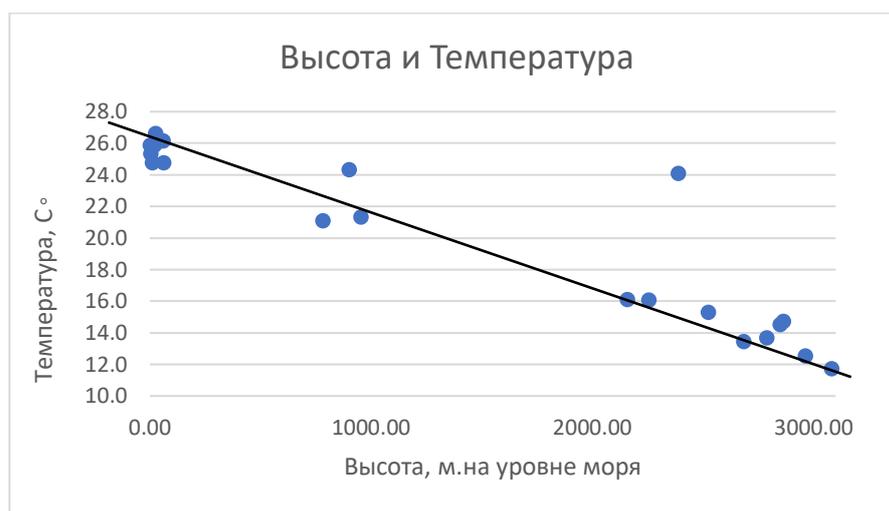


Рисунок 2.1. Региональная зависимость между средней температурой января и высотой метеостанции.

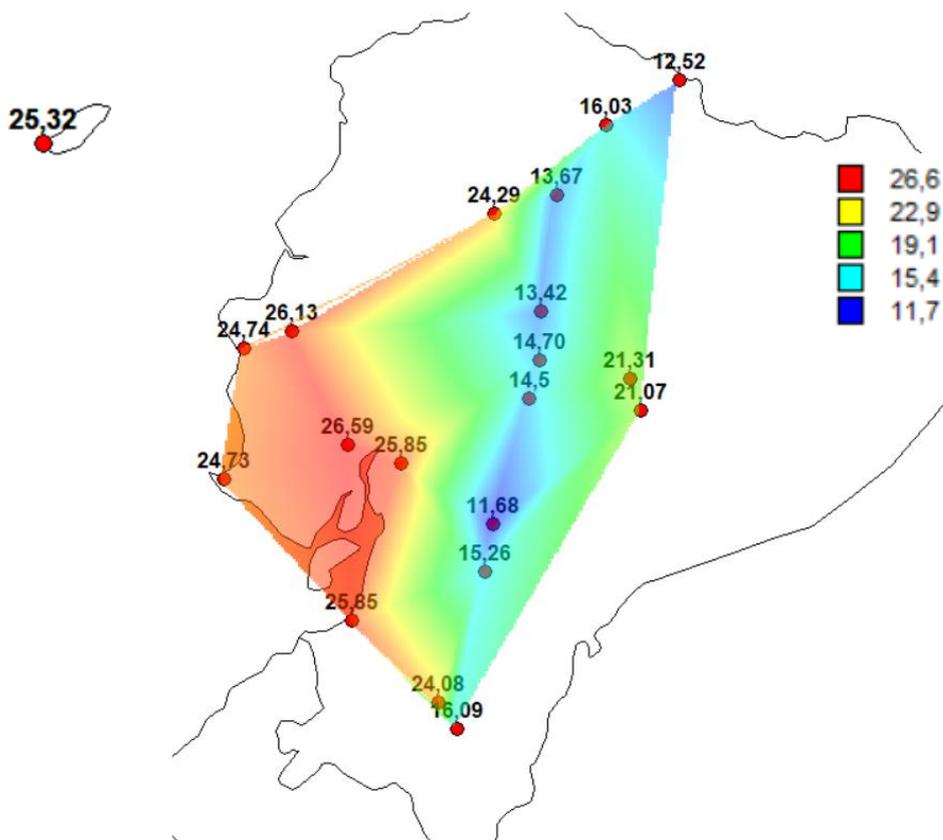


Рисунок 2.2. Пространственное распределение средней температуры января

Как мы видим на рис.2.2, наибольшая средняя температура наблюдается в регионе Коста на побережье, где она равна 26,6°C на станции Гуаякиль, а в горах Сьерра наблюдается самая низкая температура равная 11,7°C на метеорологической станции Каньяр; в районе в Амазонии самая высокая средняя температура, составляет 21,3°C, а на Галапагосских островах средняя температура составляет 25,3°C.

## 2.2. Анализ графиков многолетних колебаний

Прежде чем приступить к моделированию временных рядов, необходимо провести анализ графиков многолетних наблюдений. Примеры таких графиков для 10 метеостанций показаны на рис.2.3 и 2.4.

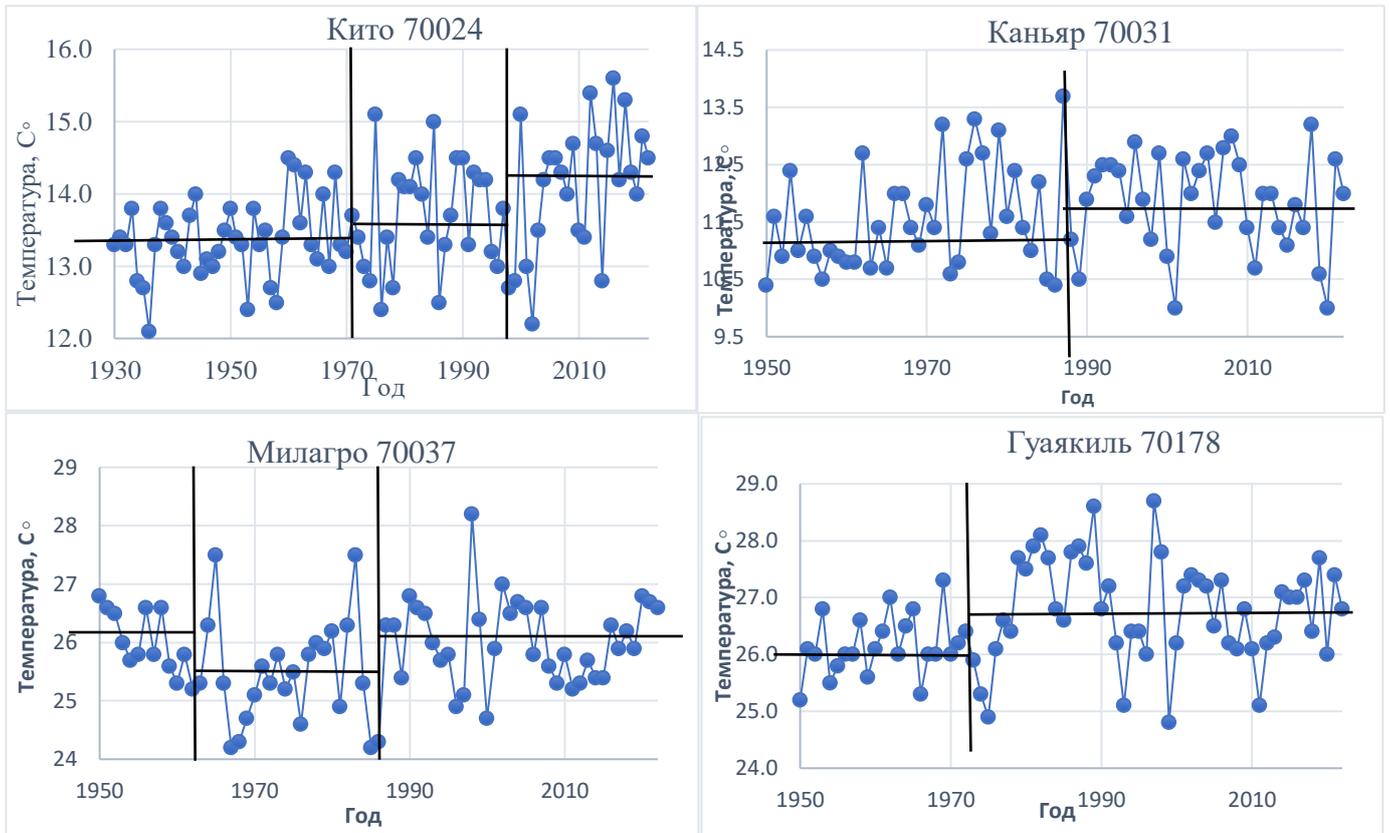


Рисунок 2.3. Многолетние ряды наблюдений за средней температурой января на метеорологических станциях Эквадора.

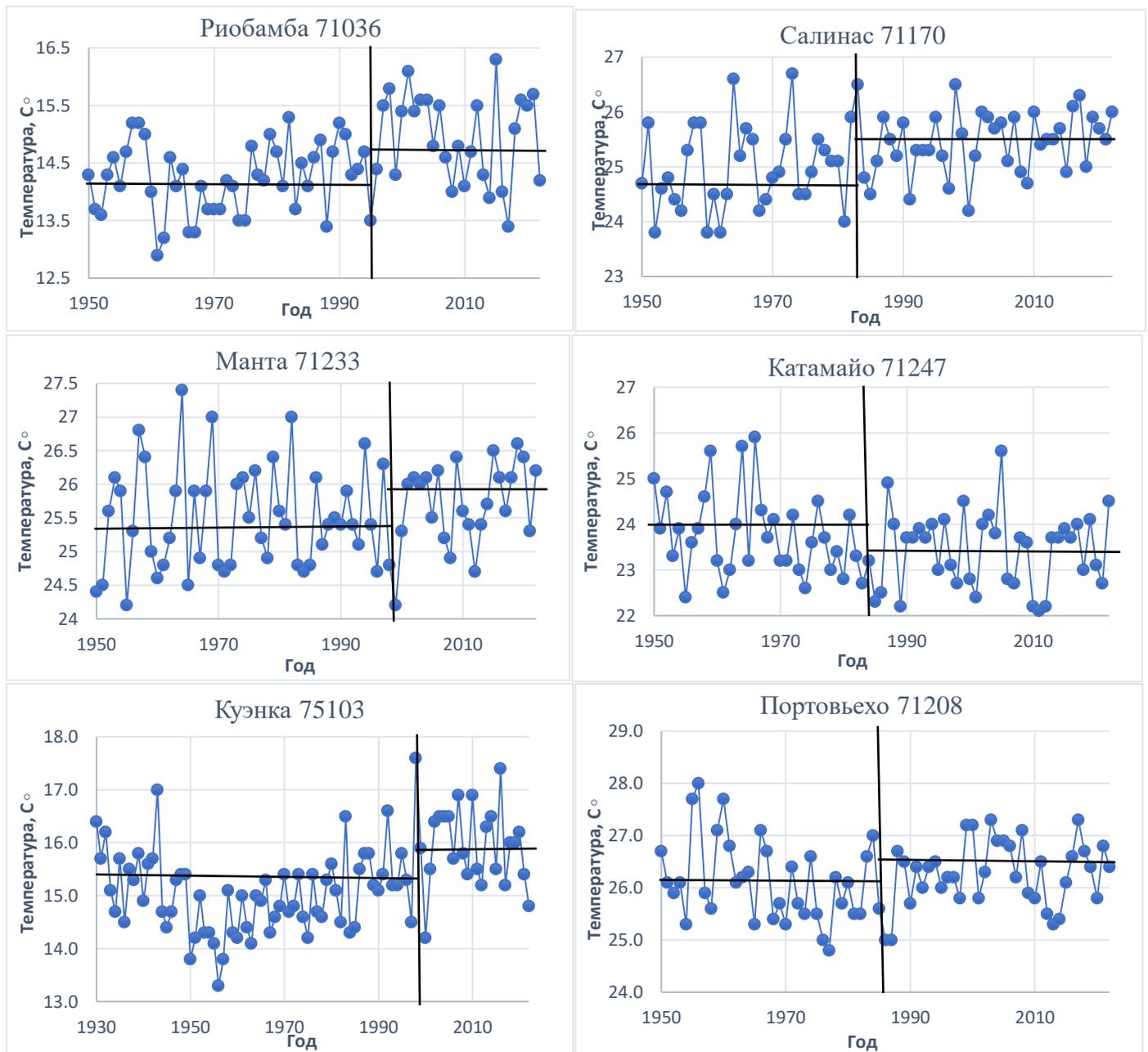


Рисунок 2.4. Многолетние ряды наблюдений за средней температурой января на метеорологических станциях Эквадора.

На графиках видно, что очень в большинстве случаев имеет место тенденция роста температуры за исключением метеостанции Катамайо, где температура уменьшается. При этом визуально временные ряды многолетней температуры можно разделить на 2 или 3 стационарные части, каждая из которых имеет свое среднее за этот период значение. Вторая часть графиков

имеет большее среднее, причем год перехода от первой части ко второй относится в большинстве случаев к 1990м, хотя на некоторых станциях, например, Кито, Гуаякиль, этот рост температур произошел уже в 1970х годах, что видимо обусловлено ростом промышленности и населения в этих городах.

### 2.3. Моделирование многолетних рядов в пунктах

Для моделирования временных рядов были применены вычислительные программы. Базовая вычислительная программа называется TIMOD предназначена для расчета показателей эффективности нестационарных моделей двух видов: линейного тренда ( $\Delta_{тр}$ , %) и модели ступенчатых изменений ( $\Delta_{ст}$ , %) по отношению к модели стационарной выборки. Также в программе рассчитываются статистики критерия Фишера для этих двух показателей эффективности ( $F_{тр}$  и  $F_{ст}$ ) и коэффициент корреляции модели линейного тренда ( $R_{тр}$ ). Программа работает с файлом, содержащим временные ряды для всех метеостанций рассматриваемого района.

Нестационарная модель считается эффективной, если  $\Delta_{тр}$  или  $\Delta_{ст} \geq 10\%$  и нестационарная модель статистически значима, если  $F_{тр}$  или  $F_{ст}$  больше их критических значений при уровне значимости  $\alpha=5\%$ . Отдельно для модели линейного тренда оценивается статистическая значимость коэффициента корреляции  $R_{тр}$ .

Базовая вычислительная программа TIMOD вычисляет перечисленные показатели эффективности за весь период для каждого ряда наблюдений. Программа имеет следующие модификации:

- TIMOD1, в которой задается общий начальный год наблюдений для всех рядов в регионе;
  - TIMOD2, в которой задается общий год ступенчатых изменений;
- Последовательность расчета по программам следующая.

Вначале по программе TIMOD выполняются расчеты за весь период наблюдений, который разный для каждого ряда и определяется наиболее

повторяющийся период ступенчатых изменений. Далее в программе TIMOD1 задается выявленный общий год начала наблюдений и расчеты повторяются для последнего интервала времени с началом каждого ряда с 1960 г.

Результаты расчетов по программе при моделировании за весь период наблюдений приведены в табл.2.2, а результаты моделирования рядов за последний период с 1960 г. – в табл.2.3.

Таблица 2.2.

Результаты аппроксимации моделями нестационарного среднего многолетних рядов температур января за весь период наблюдений

Код	$\Delta_{гр},$ %	$\Delta_{ст},$ %	F <sub>гр</sub>	F <sub>ст</sub>	T <sub>ст</sub>	T <sub>нач</sub>	T <sub>к</sub>	n	R <sub>гр</sub>
70004	2.6	3.7	1.05	1.08	1973	1950	2022	73	-0.23
70008	4.2	8.1	1.09	1.18	1991	1950	2022	73	<b>0.29</b>
70024	<b>11.1</b>	<b>12.2</b>	1.26	1.30	2004	1930	2022	93	<b>0.46</b>
70031	2.3	5.5	1.05	1.12	1966	1950	2022	73	0.21
70033	1.1	3.5	1.02	1.07	1965	1950	2022	73	0.15
70037	0.7	3.2	1.01	1.07	1987	1950	2022	73	0.12
70178	4.3	<b>11.8</b>	1.09	1.29	1977	1950	2022	73	<b>0.29</b>
70221	4.0	8.6	1.09	1.20	1997	1950	2022	73	0.28
70258	6.4	8.3	1.14	1.19	1993	1950	2022	73	<b>0.35</b>
71036	9.5	<b>12.4</b>	1.22	1.30	1997	1950	2022	73	<b>0.42</b>
71170	8.0	7.5	1.18	1.17	1964	1950	2022	73	<b>0.39</b>
71208	0.1	2.8	1.00	1.06	1962	1950	2022	73	0.05
71233	1.7	2.7	1.03	1.06	2001	1950	2022	73	0.18
71240	0.4	<b>19.7</b>	1.01	1.55	1964	1950	2022	73	-0.09
71247	2.4	5.0	1.05	1.11	1970	1950	2022	73	-0.22
71256	0.8	4.6	1.02	1.10	1993	1950	2022	73	0.13
71262	0.0	0.8	1.00	1.02	1971	1950	2022	73	0.00
75029	0.2	2.3	1.00	1.05	1998	1950	2022	73	0.06
75103	7.4	<b>14.2</b>	1.17	1.36	1986	1930	2022	93	<b>0.38</b>
75134	0.1	0.6	1.00	1.01	2008	1950	2022	73	-0.05

Таблица 2.3.

Результаты аппроксимации моделями нестационарного среднего многолетних рядов температур января (с 1960 г.).

код	$\Delta_{тр},$ %	$\Delta_{ст},$ %	F <sub>тр</sub>	F <sub>ст</sub>	T <sub>ст</sub>	T <sub>нач</sub>	T <sub>к</sub>	n	R <sub>тр</sub>
70004	1.6	2.8	1.03	1.06	1973	1960	2022	63	-0.18
70008	3.1	7.8	1.07	1.18	1991	1960	2022	63	0.25
70024	4.7	9.6	1.10	1.22	<b>2004</b>	1960	2022	63	<b>0.30</b>
70031	0.3	2.4	1.01	1.05	1975	1960	2022	63	0.08
70033	0.1	2.3	1.00	1.05	1973	1960	2022	63	0.05
70037	4.5	6.7	1.10	1.15	1987	1960	2022	63	0.30
70178	1.1	8.4	1.02	1.19	1979	1960	2022	63	0.15
70221	3.3	8.2	1.07	1.19	1997	1960	2022	63	0.25
70258	<b>10.9</b>	<b>13.5</b>	1.26	1.34	<b>1993</b>	1960	2022	63	<b>0.45</b>
71036	<b>14.8</b>	<b>16.5</b>	1.38	1.43	<b>1976</b>	1960	2022	63	<b>0.52</b>
71170	7.4	6.7	1.17	1.15	1982	1960	2022	63	<b>0.38</b>
71208	1.6	5.2	1.03	1.11	1988	1960	2022	63	0.18
71233	1.5	3.0	1.03	1.06	2001	1960	2022	63	0.17
71240	1.7	6.1	1.03	1.13	2005	1960	2022	63	0.18
71247	0.6	2.8	1.01	1.06	1970	1960	2022	63	-0.11
71256	3.5	7.5	1.07	1.17	1974	1960	2022	63	0.26
71262	0.0	1.5	1.00	1.03	1971	1960	2022	63	0.00
75029	1.2	3.5	1.03	1.07	1998	1960	2022	63	0.16
75103	<b>18.4</b>	<b>18.7</b>	1.50	1.51	<b>1986</b>	1960	2022	63	<b>0.58</b>
75134	0.4	0.9	1.01	1.02	2008	1960	2022	63	-0.08

В таблицах даны следующие обозначения:

$\Delta_{тр},\%$  - отклонение модели тренда от стационарной модели в %;

$\Delta_{ст},\%$  - отклонение модели ступенчатых изменений от стационарной модели в %;

F<sub>тр</sub> - расчетное значение статистики критерия Фишера при сравнении остаточных дисперсий стационарной модели и модели линейного тренда;

F<sub>ст</sub> - расчетное значение статистики критерия Фишера при сравнении остаточных дисперсий стационарной модели и модели ступенчатых изменений;

T<sub>нач</sub> – год начала наблюдений;

$T_k$  – год окончания наблюдений;

$N$  – число лет наблюдений;

$T_{ст}$  - год перехода от одних стационарных условий к другим в модели ступенчатых изменений.

$R_{тр}$  – коэффициент корреляции между температурой и временем.

Анализируя данные таблицы 2.3 за январь, мы можем сказать, что из 20 рядов наблюдений на 8 станциях эффективны модели нестационарного среднего, установленные по разным показателям эффективности: по  $\Delta_{ст}\% > 10$  получено 5 нестационарных моделей, по  $\Delta_{тр}\% > 10$  получена 1 нестационарная модель и установлено 7 случаев статистически значимых коэффициентов  $R_{тр}$ . Более детальные оценки следующие:

- На метеостанции Кито (70024) эффективны модели как линейного тренда, так и ступенчатых изменений и этот рост температуры произошел в 2004 г. Коэффициент корреляции со временем также является статистически значимым. Статистическая значимость коэффициента  $R_{тр}$  получена и при моделировании ряда с 1960 года.
- На станции Гуаякиль (70178) модель линейного тренда неэффективна, а эффективна модель ступенчатых изменений с переходным 1977 годом существенного подъема температуры;
- В Амбато (70258) неэффективны обе модели нестационарного среднего, хотя коэффициент корреляции со временем  $R_{тр}$  статистически значим.
- В Риобамбе (71036), хотя линейный тренд неэффективен, поскольку в дельта тренда меньше 10%, но эффективна модель ступенчатых изменений с переходным годом в 1976 (с 1960 г.) и 1997(за весь период).
- В Салинасе (71170) дельта линейного тренда и модели ступенчатых изменений ниже 10%. Однако коэффициент корреляции со временем статистически значим как для всего ряда наблюдений, так

- В Манте (71233) модель линейного тренда действует на протяжении всего периода, начиная с 1960 года и переходного года 1965-1970.
- В Ибарре (71240) модель линейного тренда неэффективна, поскольку единственное найденное значение находится в дельте ступенчатых изменений за весь период и с переходным годом в 1964 году.
- На метеостанции Катамайо (71247) наблюдается модель линейного тренда, действующая как на протяжении всего периода, так и с 1960 года, с переходным годом в 1967-1970.
- В Куэнке (75103) модель линейного тренда не эффективна, но эффективна модель ступенчатых изменений у которой дельта более 10%, а также статистически значим коэффициент корреляции со временем и это также характерно для моделирования ряда с 1960 г. При этом год перехода от одних стационарных условий к другим является устойчивым и это 1986 год.

Из представленных графиков нестационарных временных рядов (рис.2.3 и 2.4) можно сделать вывод, что в большинстве случаев эффективна модель ступенчатых изменений, и только в 1-2 случаях может иметь место модель линейного тренда. Годы изменений в основном приходятся на конец двадцатого века. Причиной таких изменений стал результат влияния антропогенного фактора.

\

#### 2.4. Обобщение показателей не стационарности по территории.

Полученные в предыдущем исследовании показатели эффективности нестационарных моделей были представлены на карте и результаты в виде пространственных распределений даны на рис.2.5 – 2.7.

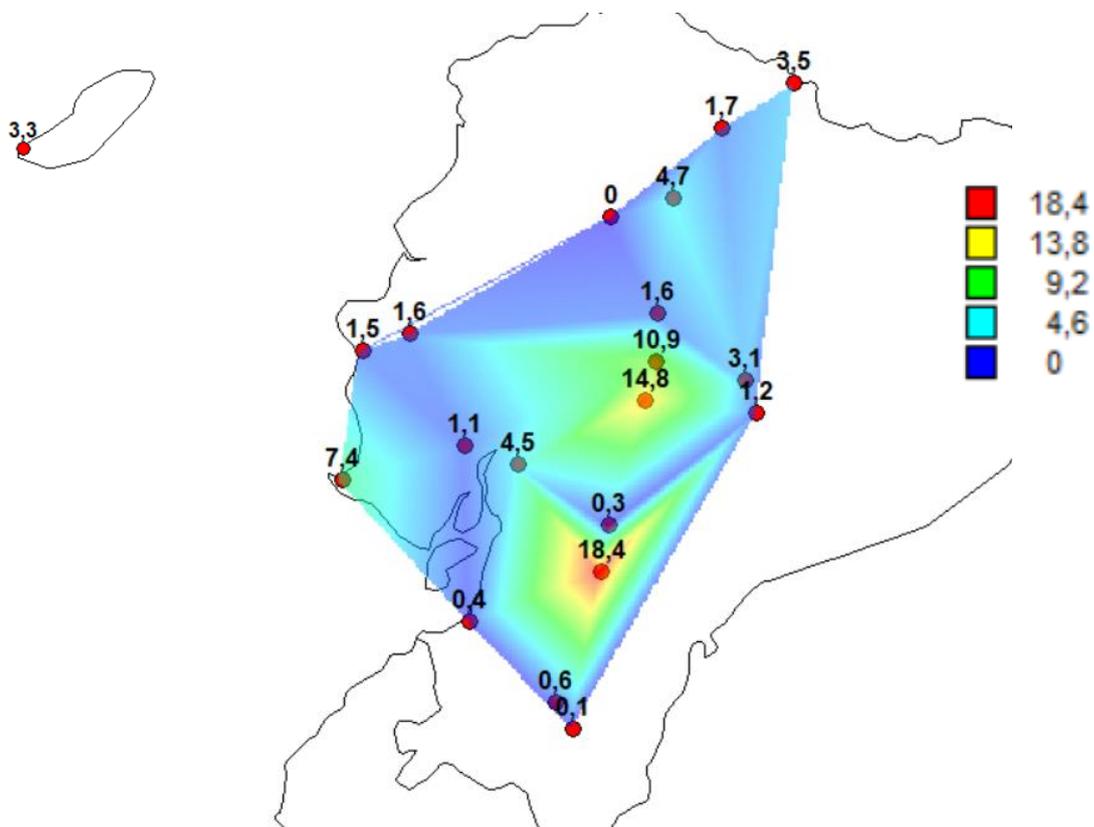


Рис.2.5. Распределение по территории показателей нестационарных моделей января  $\Delta tr, \%$  за весь период наблюдений.

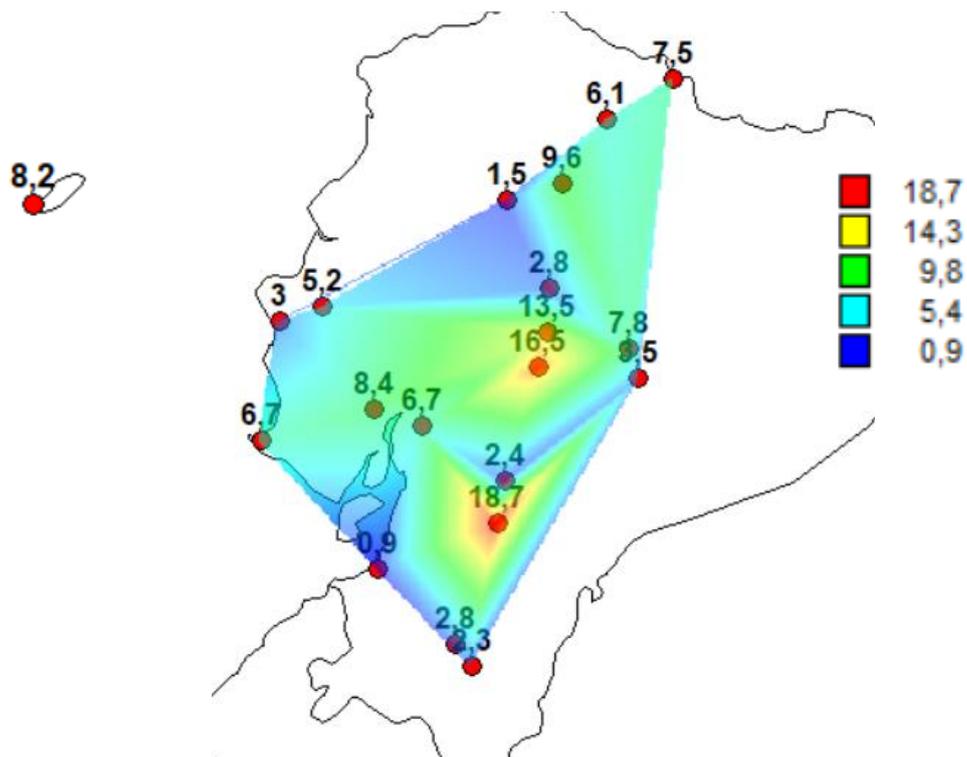


Рис.2.6. Распределение по территории показателей нестационарных моделей января  $\Delta st, \%$  за весь период наблюдений.

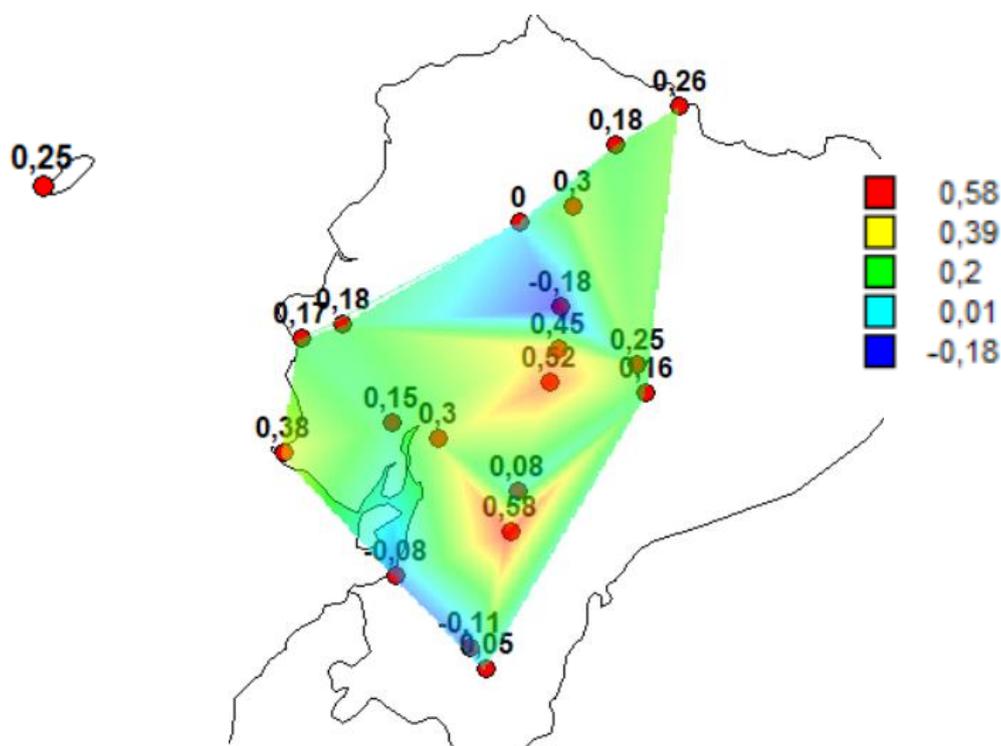


Рис.2.7. Распределение по территории показателей нестационарных моделей января з Rтр а весь период наблюдений.

По приведенных на рис.2.5 - 2.7 пространственных распределениях видно, что самые высокие показатели нестационарности находятся в центре и на юго-востоке исследуемой территории и представлены красной и желтой зонами на картах. Показатели, наиболее близкие к стационарным условиям, находятся в северных регионах и небольшом регионе на юго-западе и отмечены синим цветом.

## 2.5. Количественная оценка изменения температур

Для количественной оценки роста средних температур января ряд наблюдений был разделен на 2 части и были рассчитаны средние значения за два периода времени: начало наблюдений – 1989 г. и 1990 – 2022 гг.

Год разделения ряда на 2 части соответствовал среднему году  $T_{ст}$  в случае статистически значимых  $R$  и для эффективных моделей ступенчатого изменения среднего значения.

В табл.2.4 приведены значения средних температур января за 1ый и 2ой периоды (ср.1 и ср.2), разность между ними ( $\Delta T = \text{ср.2} - \text{ср.1}$ ), а также среднее квадратическое отклонение всего ряда наблюдений (СКО). Для того, чтобы оценить насколько полученный климатический рост температуры превышает естественную климатическую изменчивость, были рассчитаны также отношения  $\Delta T/\text{СКО}$  по абсолютной величине. Результаты приведены в табл.2.4, где ярким выделены отношения  $K = \Delta T/\text{СКО}$ , т.е. случаи, когда климатический рост температур больше естественной изменчивости.

Таблица 2.4.

Показатели количественной оценки изменений температуры воздуха  
января

Код	Наименование	среднееТ1	среднееТ2	$\Delta T = T_2 - T_1$	СКО	$K = \Delta T / \text{СКО}$
70004	Латакунга	13,47	13,28	-0,20	0,84	0,24
70008	Пуйо	21,11	21,57	0,46	0,63	0,73
70024	Кито	13,69	13,62	-0,08	0,69	0,11
70031	Каньяр	11,64	11,89	0,25	0,89	0,28
70033	Лоха	16,13	16,13	-0,01	0,62	0,01
70037	Милагро	25,51	26,06	0,54	0,82	0,66
70178	Гуаякиль	26,71	26,67	-0,05	0,86	0,05
70221	Галапагос	25,11	25,58	0,47	0,68	0,68
70258	Амбато	14,17	14,70	0,53	0,83	0,64
71036	Риобамба	14,09	14,88	0,80	0,79	<b>1,01</b>
71170	Салинас	24,88	25,48	0,60	0,95	0,63
71208	Портовьехо	26,02	26,35	0,33	0,71	0,46
71233	Манта	24,77	25,67	0,90	1,37	0,66
71240	Ибарра	15,69	16,09	0,41	0,86	0,47
71247	Катамайо	24,07	23,48	-0,59	1,14	0,51
71256	Карчи	12,32	12,64	0,32	0,70	0,46
71262	Ст. Доминго	24,36	24,23	-0,13	0,53	0,24
75029	Пастаза	20,95	21,13	0,18	0,77	0,23
75103	Куэнка	14,88	15,23	0,35	0,77	0,45
75134	Мачала	25,87	25,84	-0,02	0,60	0,04

Для оценки изменения климатических норм в относительных единицах, были произведены расчеты среднеквадратического отклонения (СКО) многолетних рядов температур воздуха, результаты которых также приведены в таблице 2.4. С помощью полученных значений были получены относительные показатели роста средних многолетних температур воздуха по отношению к среднеквадратическому отклонению.

Пространственные распределения разностей температур  $\Delta T$ , СКО и  $K = \Delta T / \text{СКО}$  приведены на рис.2.8 – 2.10.

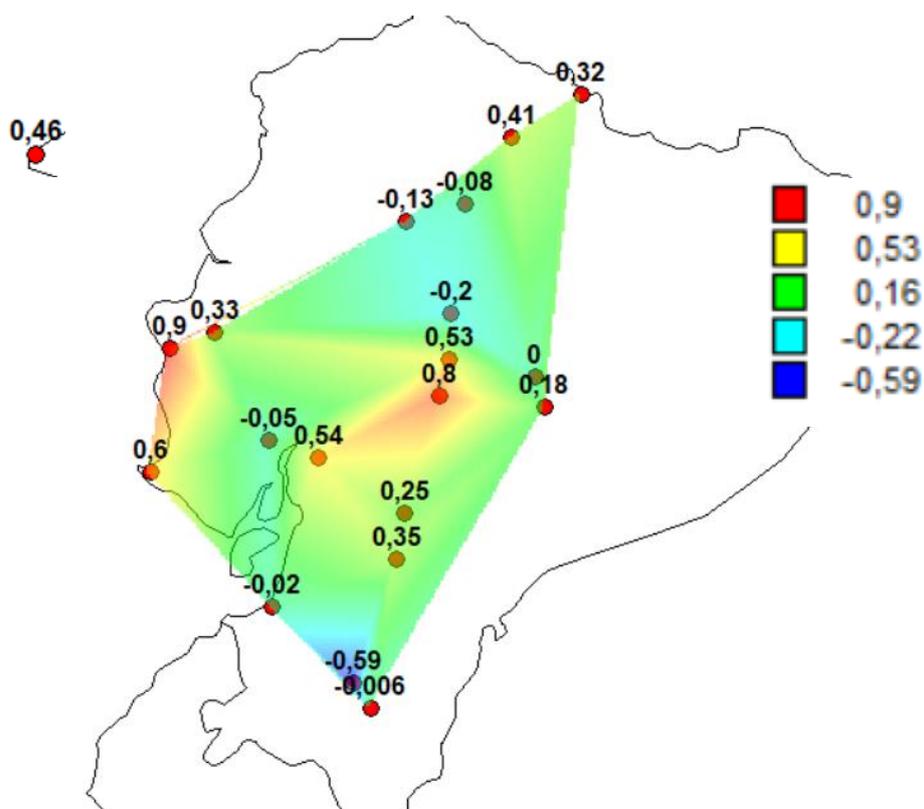


Рис.2.8. Пространственное распределение  $\Delta T$  в  $^{\circ}\text{C}$ .

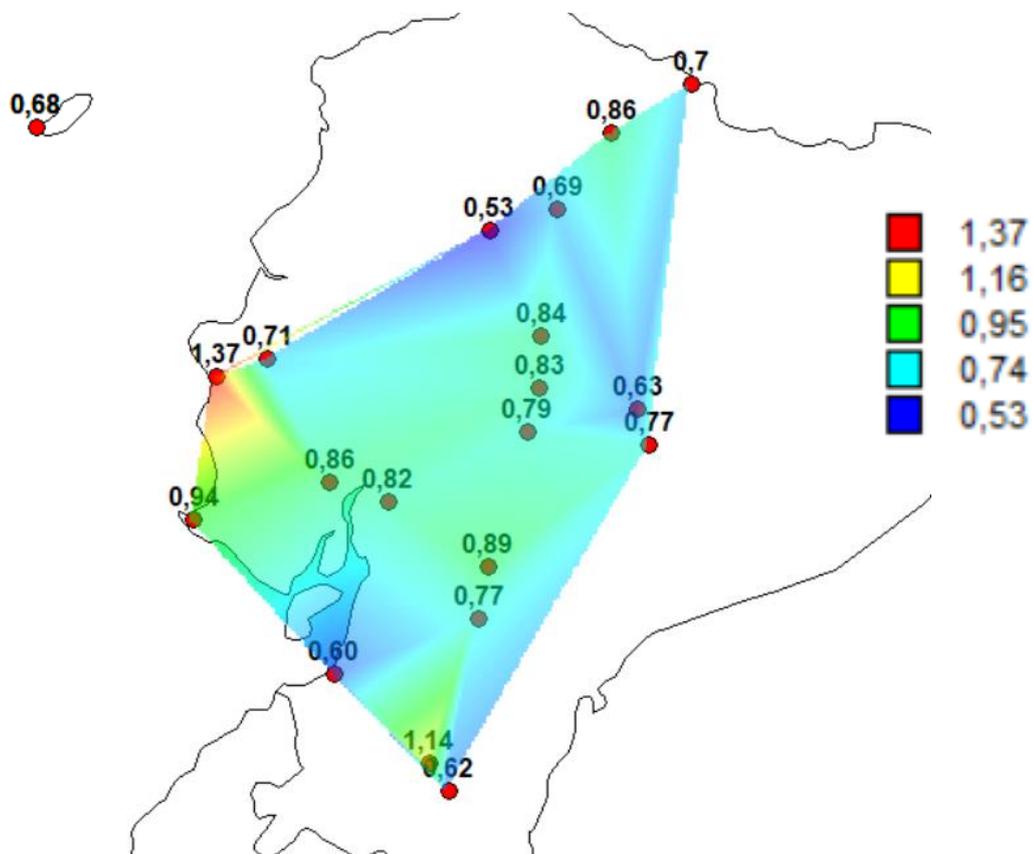


Рис.2.9. Пространственное распределение СКО

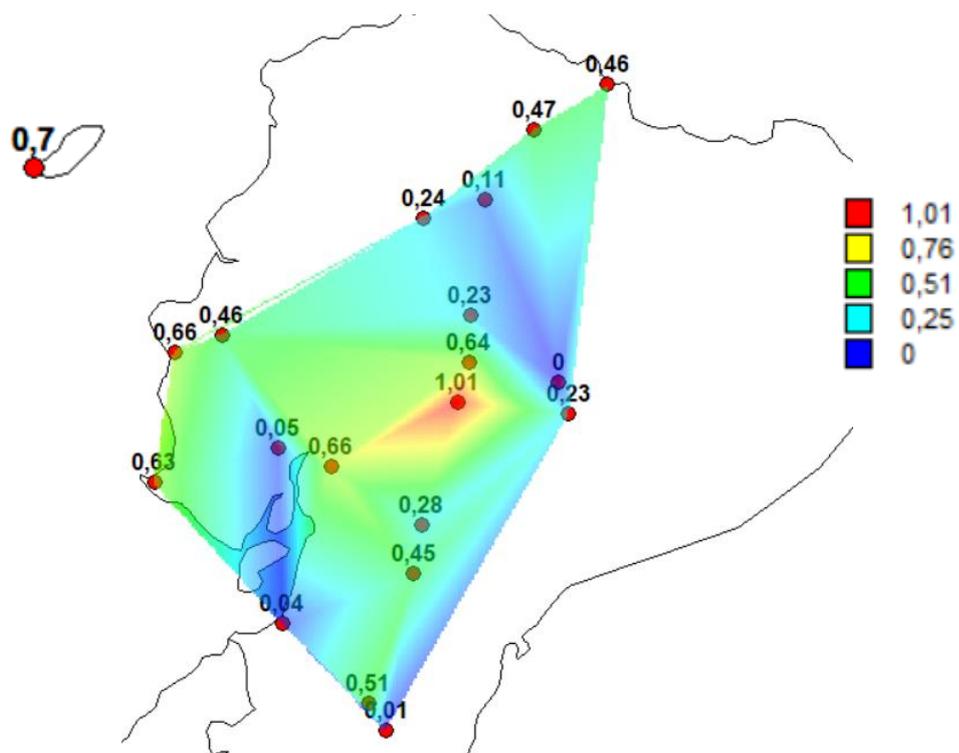


Рис.2.10. Пространственное распределение  $K = \Delta T / \text{СКО}$

Из рис. 2.8 следует, что наибольшие изменения средних температур, близкие  $1^{\circ}\text{C}$  имеют место в центре и на западе страны, там же где и значения К близкие к СКО (рис.2.10).

## 2.6. Особенности климатических изменений на Галапагосских островах

Архипелаг Галапагосских островов состоит из 13 островов площадью более  $10 \text{ км}^2$ ; 19 островов площадью около  $1 \text{ км}^2$  и нескольких рифов и островков, но на всей его территории находится только одна метеостанция, поэтому анализ будет проводиться только с использованием этих данных. На метеостанции Сан-Кристоваль-Галапагос (код 70221), которая находится на высоте 6 м над уровнем моря, средняя многолетняя температура января равна  $25,3^{\circ}\text{C}$ . Многолетний ряд наблюдений за температурой января приведен на рис.2.11.

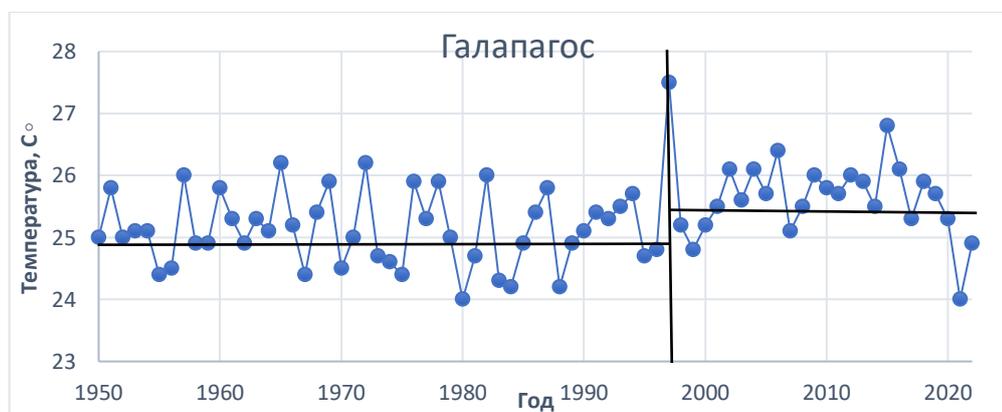


Рис.2.11. Многолетний ряд температуры января на Галапагосских островах.

На графике рис.2.11 наблюдается рост температур в конце 1990х, что может быть обусловлено изменением климата и с южным колебанием и Эль-Ниньо, при котором температура поверхности моря повышается к побережью и понижается к югу. Вместе с тем рассчитанные показатели эффективности нестационарных моделей показывают, что это изменение не столь статистически значимо, хотя коэффициент корреляции температур со временем статистически значим для всего ряда наблюдений. Показатели нестационарных моделей за весь период и с 1960 г. приведены в табл.2.5.

Таблица 2.5.

Результаты расчета характеристик нестационарных моделей среднемесячных температур января для метеостанции Сан-Кристоваль-Галапагос

(верхняя строка – для всего периода наблюдений, нижняя – с 1960 г.)

код	$\Delta_{тр}$ , %	$\Delta_{ст}$ , %	$F_{тр}$	$F_{ст}$	$T_{ст}$	$T_{нач}$	$T_{к}$	n	$R_{тр}$
70221	4.0	8.6	1.09	1.20	1997	1950	2022	73	0.28
	3.3	8.2	1.07	1.19	1997	1960	2022	63	0.25

### 3. Оценка климатических изменений в рядах весенних температур (апрель)

#### 3.1. Пространственные климатические закономерности.

Как и в предыдущей главе, мы даем краткое объяснение климата и его различных пространственных условий, связанных с широтой, высотой и близостью к Тихому океану. В апреле месяце погода в стране значительно меняется в зависимости от географического района, в котором вы находитесь. В прибрежных и тропических регионах он характеризуется теплым и влажным климатом, в то время как в Андских регионах преобладает более холодный и сухой климат.

В этой главе будет проведен подробный анализ данных, собранных со станций в Эквадоре, с учетом широты, высоты и влияния Тихого океана, что позволит лучше понять климатические закономерности на этой территории в апреле месяце. Эти данные будут способствовать изучению и пониманию климатических условий в различных регионах Эквадора и послужат прочной основой для будущих климатических исследований в стране.

Расчетные значения долгосрочной средней температуры за апрель приведены в табл.3.1, где также представлены названия станций, их код ВМО и координаты станций в виде широты, долготы, высоты и средней температуры.

Таблица 3.1.

Названия, коды метеостанции, их широта, долгота, высота и средняя температура апреля

Места	Код	широта	долгота	высота	Сред. Темп
Латакунга	70004	-1,020000	-78,594600	2685,00	13,0
Пуйо	70008	-1,505700	-77,956000	956,00	21,5
Кито	70024	-0,178300	-78,487700	2789,00	13,6
Каньяр	70031	-2,552200	-78,945200	3083,00	12,0

Лоха	70033	-4,037500	-79,203400	2160,00	16,6
Милагро	70037	-2,118056	-79,600278	23,00	26,5
Гуаякиль	70178	-1,983333	-79,983333	28,00	27,1
Сан-Кристоваль-Галапагос	70221	-0,904056	-89,614306	6,00	26,0
Амбато	70258	-1,367100	-78,605500	2865,00	14,6
Риобамба	71036	-1,650833	-78,685214	2850,00	14,3
Салинас	71170	-2,233611	-80,875125	13,00	25,0
Портовьехо	71208	-1,164167	-80,390000	60,00	26,7
Манта	71233	-1,286875	-80,728997	64,00	24,9
Ибарра	71240	0,329733	-78,132431	2256,00	16,3
Катамайо	71247	-3,850000	-79,333333	2390,00	23,7
Сан-Габриэль карчи	71256	0,654722	-77,605278	2963,00	12,5
Ла-Конкордия Ст. Доминго	71262	-0,314167	-78,933611	902,00	25,2
Пастаза	75029	-1,737700	-77,882000	784,00	20,9
Куэнка	75103	-2,897464	-79,003108	2525,00	15,0
Мачала	75134	-3,259303	-79,954136	3,00	26,3

Из данных таблицы 3.1 следует, что чем выше высота, тем ниже температура из-за рельефа, который представляют Анды, за исключением Катамайо, поскольку это единственный город в Сьерра, где температура теплая из-за его расположения: северная зона сьерра в Эквадоре и недалеко от побережья перуанская; напротив, чем ниже высота, тем выше температура из-за близости к морю. Региональная взаимосвязь между многолетней средней температурой и высотой метеостанции показана на рис.3.1, а пространственное распределение температур показано на рис.3.2

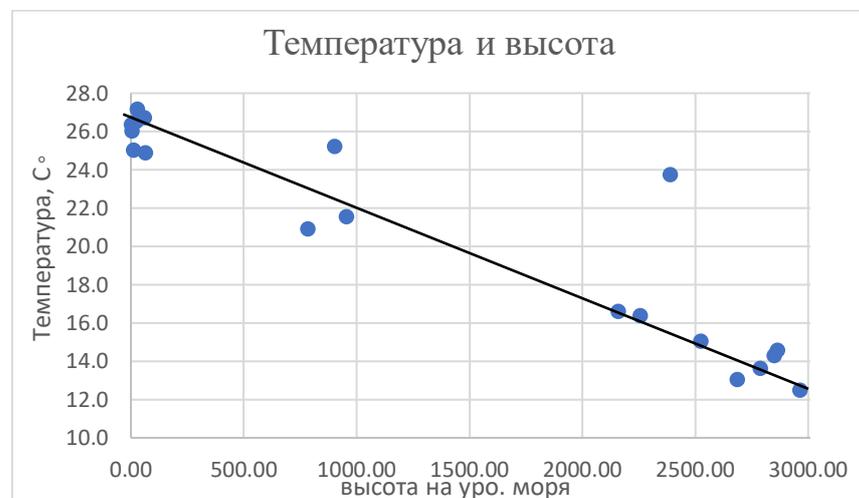


Рисунок 3.1. Региональная зависимость между средней температурой апреля и высотой метеостанции.

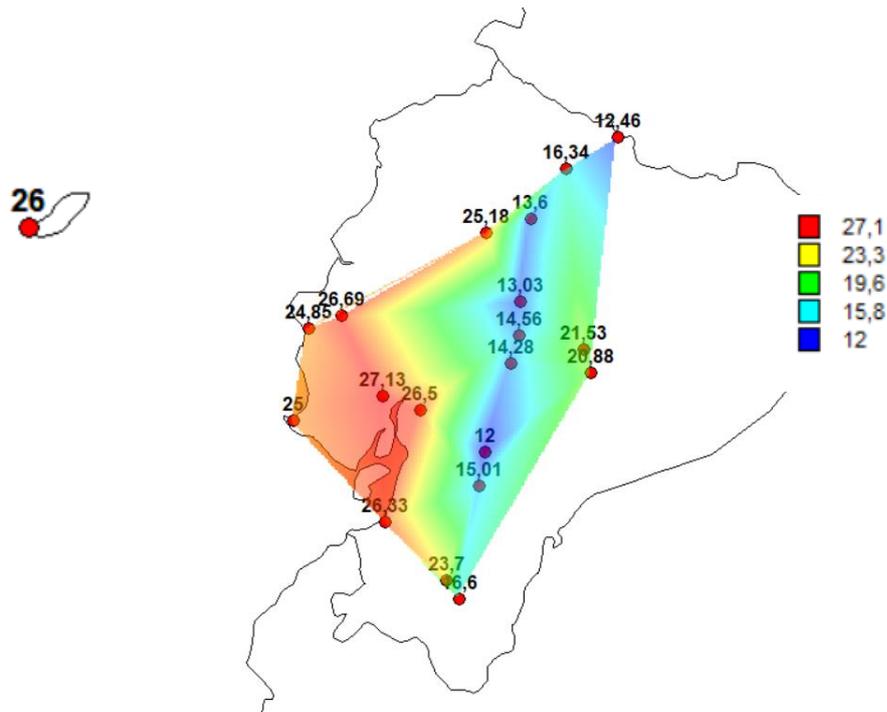


Рисунок 3.2. Пространственное распределение средней температуры апреля.

На рис. 3.2 мы можем отметить, что максимальная средняя температура находится в Коста зоне: 27,1 °С на станции Гуаякиль; в горах Сьерра самая низкая средняя температура равна 12 °С на станции Каньяр; в Амазонии самая высокая средняя температура составляет 21,5 °С в Пуйо и на Галапагосских островах средняя температура равна 26 °С.

### 3.2. Анализ графиков многолетних колебаний

Прежде чем приступить к моделированию временных рядов, необходимо провести анализ графиков многолетних наблюдений. Примеры таких графиков для 10 метеостанций показаны на рис.3.3 и 3.4.

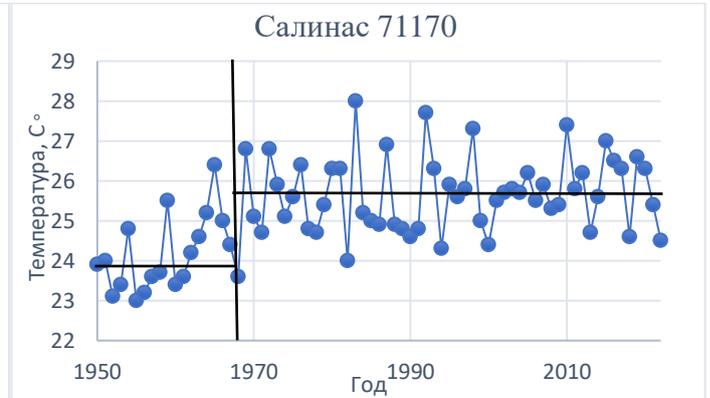
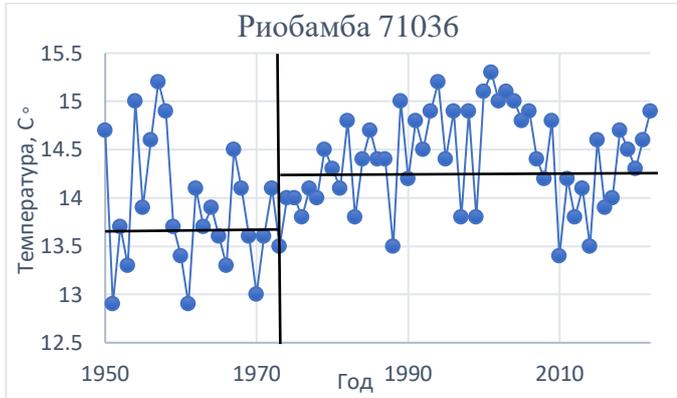
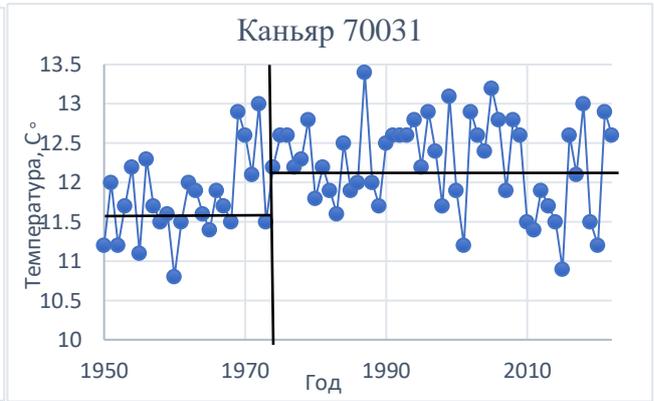
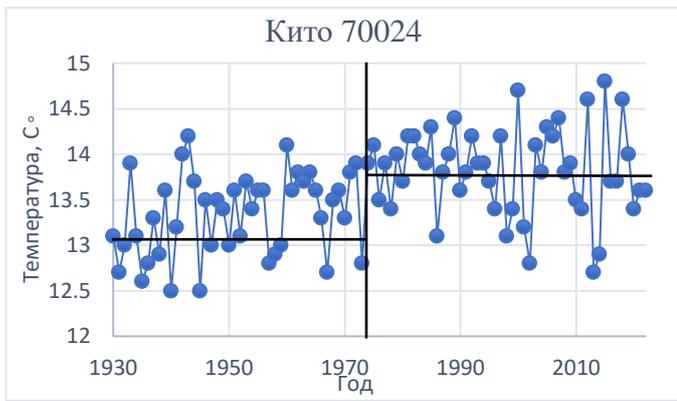
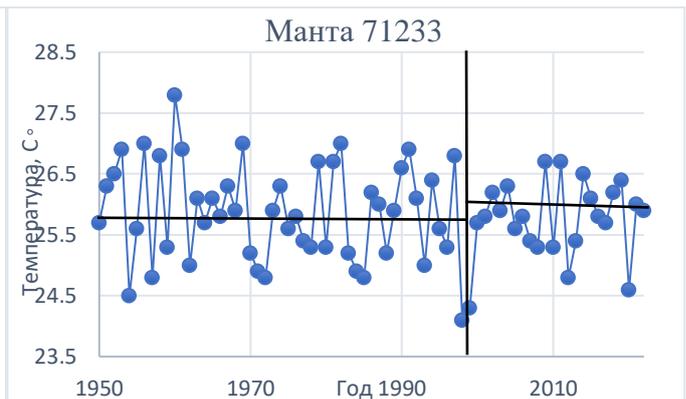
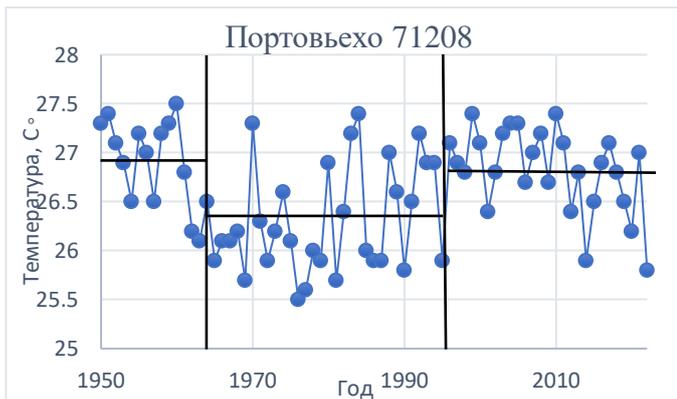
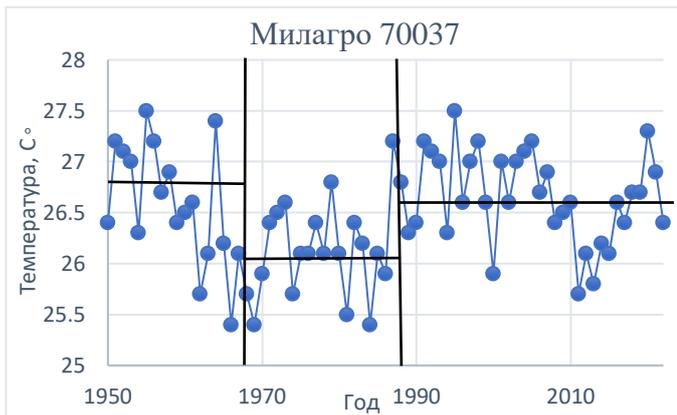


Рисунок 3.3. Многолетние ряды наблюдений за средней температурой апреля на метеорологических станциях Эквадора.



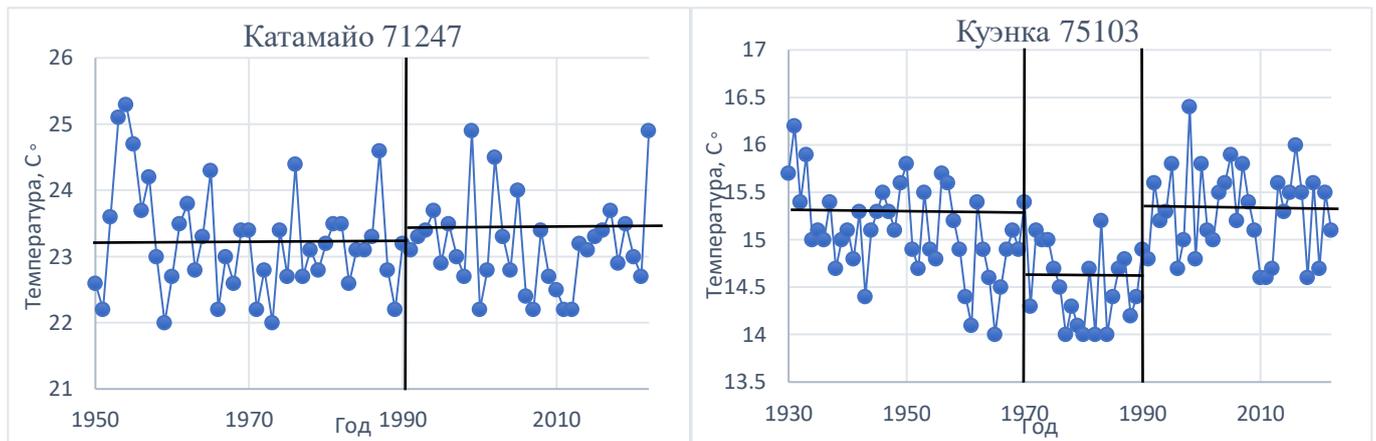


Рисунок 3.4. Многолетние ряды наблюдений за средней температурой апреля на метеорологических станциях Эквадора.

На графиках видно, что в большинстве случаев наблюдается тенденция к повышению температуры. При этом визуально долгосрочные температурные временные ряды можно разделить на 2 или 3 стационарные части, каждая из которых имеет свое среднее значение за этот период. Вторая часть диаграмм имеет более высокое среднее значение, а год перехода из первой части во вторую в большинстве случаев относится к 1990 году, хотя в некоторых сезонах, таких как Кито, Гуаякиль, это повышение температуры произошло уже в 1970-х годах, вероятно, из-за роста промышленности и численности населения в этих городах.

Есть такие случаи, как в Милагро, Портовьехо, Куэнка, которые визуально в период с 1970 по 1990 годы наблюдались значительное снижение температуры, а затем ее повышение.

### 3.3. Моделирование многолетних рядов в пунктах.

Делая упор на информацию, представленную в предыдущей главе, с помощью программ TIMOD и TIMOD 1; нам удалось получить следующие таблицы, в которых можно наблюдать результаты расчетов программы во

время моделирования за весь период наблюдения показаны в табл.3.2, а результаты, полученные в результате моделирования, приведены в таблице. результаты моделирования рядов за последний период с 1960 г. - в табл.3.3.

Таблица 3.2.

Результаты аппроксимации моделями нестационарного среднего многолетних рядов температур апреля за весь период наблюдений

код	$\Delta_{тр},$ %	$\Delta_{ст},$ %	$F_{тр}$	$F_{ст}$	$T_{ст}$	$T_{нач}$	$T_{к}$	$n$	$R_{тр}$
70004	2.2	5.7	1.05	1.13	1970	1950	2022	73	-0.21
70008	9.7	20.3	1.23	1.57	1995	1950	2022	73	<b>0.43</b>
70024	<b>10.1</b>	<b>11.7</b>	1.24	1.28	1974	1930	2022	93	<b>0.44</b>
70031	3.7	<b>11.8</b>	1.08	1.29	1969	1950	2022	73	0.27
70033	1.8	5.4	1.04	1.12	1969	1950	2022	73	0.19
70037	0.3	5.4	1.01	1.12	1987	1950	2022	73	0.07
70178	<b>10.2</b>	<b>13.8</b>	1.24	1.35	1981	1950	2022	73	<b>0.44</b>
70221	4.0	<b>10.6</b>	1.08	1.25	2001	1950	2022	73	0.28
70258	2.9	<b>32.9</b>	1.06	2.22	1963	1950	2022	73	-0.24
71036	6.4	<b>11.4</b>	1.14	1.27	1979	1950	2022	73	0.35
71170	14.3	<b>21.2</b>	1.36	1.61	1964	1950	2022	73	<b>0.51</b>
71208	0.2	6.5	1.00	1.14	1961	1950	2022	73	0.06
71233	0.7	2.4	1.01	1.05	1970	1950	2022	73	-0.12
71240	1.7	<b>24.4</b>	1.04	1.75	1963	1950	2022	73	-0.18
71247	0.6	2.9	1.01	1.06	1966	1950	2022	73	-0.11
71256	1.0	7.5	1.02	1.17	2001	1950	2022	73	0.14
71262	0.0	1.7	1.00	1.03	1987	1950	2022	73	-0.02
75029	2.0	6.5	1.04	1.14	1997	1950	2022	73	0.20
75103	0.0	6.5	1.00	1.14	1992	1930	2022	93	0.02
75134	0.0	0.4	1.00	1.01	1999	1950	2022	73	-0.02

Таблица 3.3.

Результаты аппроксимации моделями нестационарного среднего многолетних рядов температур апреля (с 1960 г.).

код	$\Delta_{тр},$ %	$\Delta_{ст},$ %	$F_{тр}$	$F_{ст}$	$T_{ст}$	$T_{нач}$	$T_{к}$	$n$	$R_{тр}$
70004	0.3	2.9	1.01	1.06	1973	1960	2022	63	-0.08
70008	9.1	<b>22.1</b>	1.21	1.65	1995	1960	2022	63	<b>0.42</b>

70024	0.7	3.3	1.01	1.07	1974	1960	2022	63	0.12
70031	0.8	5.5	1.02	1.12	1970	1960	2022	63	0.12
70033	0.2	2.8	1.00	1.06	2009	1960	2022	63	0.06
70037	5.7	<b>14.4</b>	1.12	1.36	1987	1960	2022	63	<b>0.33</b>
70178	6.1	<b>10.3</b>	1.13	1.24	1981	1960	2022	63	<b>0.34</b>
70221	3.5	<b>11.0</b>	1.07	1.26	2001	1960	2022	63	0.26
70258	2.8	<b>10.7</b>	1.06	1.25	1997	1960	2022	63	0.24
71036	<b>11.0</b>	<b>18.7</b>	1.26	1.51	1979	1960	2022	63	<b>0.46</b>
71170	4.9	7.2	1.11	1.16	1972	1960	2022	63	<b>0.31</b>
71208	5.6	<b>11.4</b>	1.12	1.27	1992	1960	2022	63	<b>0.33</b>
71233	0.6	3.5	1.01	1.07	1970	1960	2022	63	-0.11
71240	0.6	3.1	1.01	1.06	1993	1960	2022	63	0.11
71247	0.1	0.7	1.00	1.01	1976	1960	2022	63	0.04
71256	8.7	<b>13.4</b>	1.20	1.33	2001	1960	2022	63	<b>0.41</b>
71262	0.7	3.5	1.01	1.07	1987	1960	2022	63	-0.11
75029	5.2	8.6	1.11	1.20	1997	1960	2022	63	<b>0.32</b>
75103	<b>12.4</b>	<b>21.9</b>	1.30	1.64	1992	1960	2022	63	<b>0.48</b>
75134	0.0	0.6	1.00	1.01	1987	1960	2022	63	0.01

В таблицах даны следующие обозначения:

$\Delta_{тр},\%$  - отклонение модели тренда от стационарной модели в %;

$\Delta_{ст},\%$  - отклонение модели ступенчатых изменений от стационарной модели в %;

$F_{тр}$  - расчетное значение статистики критерия Фишера при сравнении остаточных дисперсий стационарной модели и модели линейного тренда;

$F_{ст}$  - расчетное значение статистики критерия Фишера при сравнении остаточных дисперсий стационарной модели и модели ступенчатых изменений;

$T_{нач}$  – год начала наблюдений;

$T_{к}$  – год окончания наблюдений;

$N$  – число лет наблюдений;

$T_{ст}$  - год перехода от одних стационарных условий к другим в модели ступенчатых изменений.

$R_{тр}$  – коэффициент корреляции между температурой и временем.

Анализируя данные таблицы 3.3 за апрель, можно сказать, что из 20 рядов наблюдений на 9 станциях эффективны модели нестационарного среднего, установленные для разных показателей эффективности: для  $\Delta_{ст}\% > 10$  было получено 9 нестационарных моделей, для  $\Delta_{тр}\% > 10$  было получено 2 нестационарные модели стационарный и установлено 9 случаев статистически значимых коэффициентов  $R_{тр}$ .

Наиболее подробные оценки заключаются в следующем:

- На метеостанции Пуйо (70008) модель линейного тренда неэффективна, модель ступенчатого сдвига эффективна, и это повышение температуры произошло в 1973 году. коэффициент корреляции со временем также статистически значим. Статистическая значимость коэффициента  $R_{тр}$  также была получена путем моделирования ряда с 1960 года.
- На станциях Милагро (70037), Гуаякиль (70178), Амбато (70258), Карчи (71256) модель линейного тренда неэффективна, а модель ступенчатого сдвига эффективна при кратковременном повышении температуры; коэффициент корреляции со временем также статистически значим.
- В Риобамбе (71036) эффективна модель линейного тренда и модель ступенчатого изменения с дельтой более 10%, а также статистически значимым коэффициентом корреляции с течением времени, и это также характерно для моделирования рядов с 1960 года.
- В Салинасе (71170) Дельта линейного тренда и модель ступенчатого изменения находятся ниже 10%. Однако коэффициент корреляции со временем статистически значим как для целой серии наблюдений.
- В Куэнка (75103) эффективна модель линейного тренда и модель ступенчатого изменения с дельтой более 10%, а также

статистически значимым коэффициентом корреляции с течением времени, и это также характерно для моделирования рядов с 1960 года.

Из представленных графиков нестационарных временных рядов (рис.3.3 и 3.4) можно сделать вывод, что в большинстве случаев эффективна модель ступенчатых изменений, и только в 1-2 случаях может быть модель линейного тренда. Годы перемен в основном относятся к концу двадцатого века. Причиной таких изменений стал результат влияния антропогенного фактора.

#### 3.4. Обобщение показателей нестационарности по территории.

Полученные в предыдущем исследовании показатели эффективности нестационарных моделей были представлены на карте и результаты в виде пространственных распределений даны на рис.3.5 – 3.7.

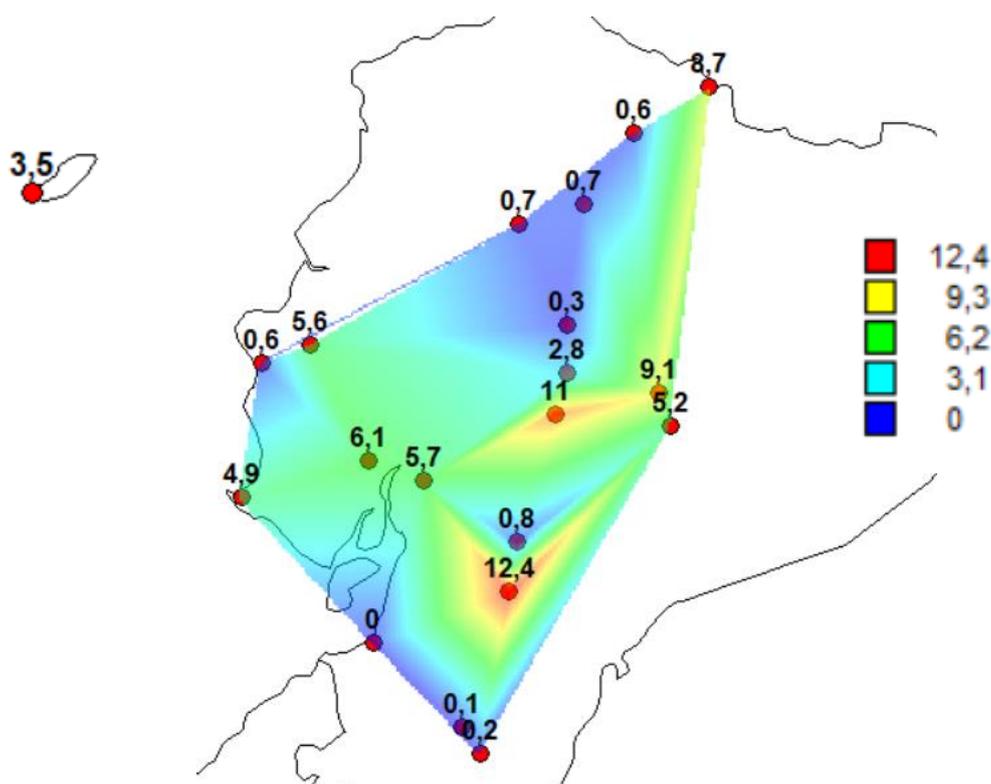


Рис.3.5. Распределение по территории показателей нестационарных моделей апреля  $\Delta tr$ , % за весь период наблюдений.

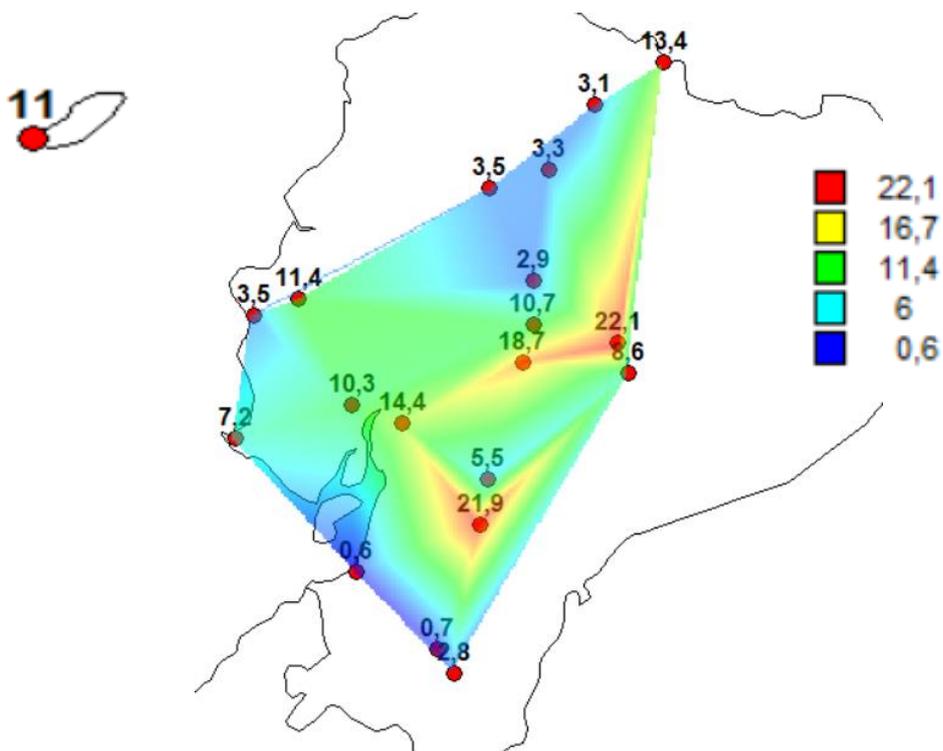


Рис.3.6. Распределение по территории показателей нестационарных моделей апреля  $\Delta_{st}$ , % за весь период наблюдений.

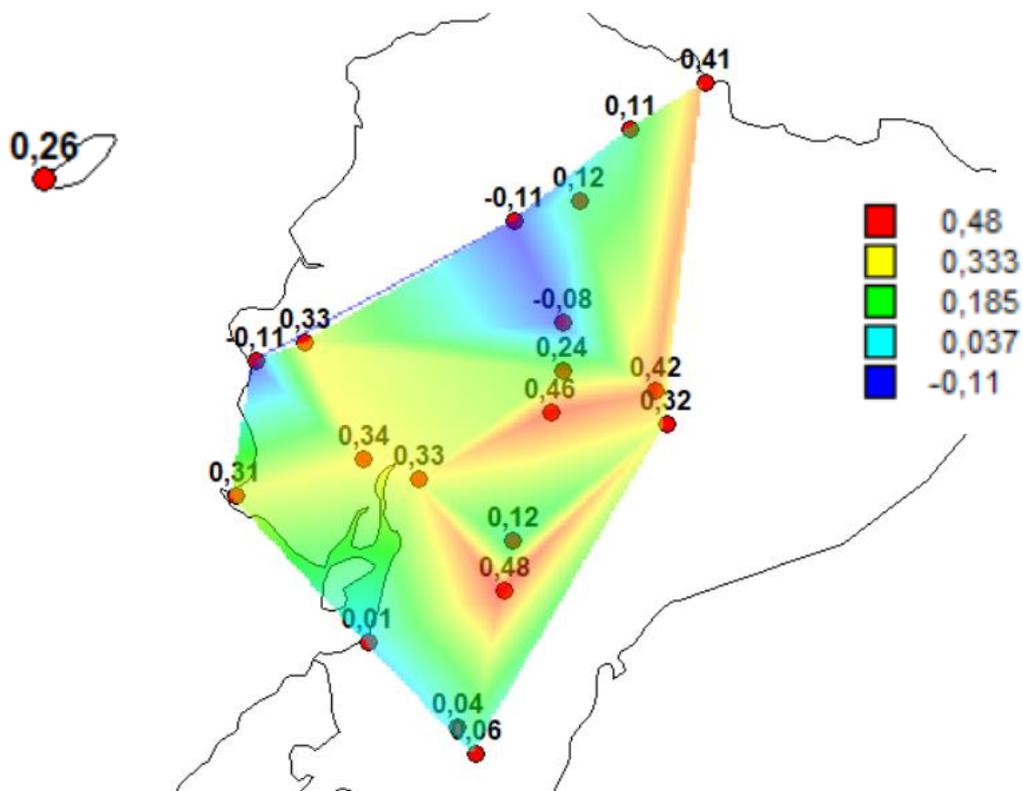


Рис.3.7. Распределение по территории показателей нестационарных моделей апреля  $R_{tr a}$  за весь период наблюдений.

В соответствии с рис.3.5 - 3.7 пространственные распределения показывают, что самые высокие показатели нестационарности наблюдаются в центре и юго-востоке исследуемой области и представлены красной и желтой зонами на картах. Значения, наиболее близкие к стационарным, находятся в северных регионах и небольшом регионе на северо-востоке и отмечены синим цветом.

### 3.5. Количественная оценка изменения температур.

Чтобы количественно оценить повышение средних апрельских температур, ряды наблюдений были разделены на две части, и были рассчитаны средние значения за два периода: с начала наблюдений – 1989 и 1990 годов-до конца наблюдений.

Таблица 3.4.

Показатели количественной оценки изменений температуры воздуха  
апреля

Код	Наименование	T1	T2	$\Delta T = T2 - T1$	СКО	$ K  = \Delta T / \text{СКО}$
70004	Латакунга	13,20	13,14	-0,06	0,41	0,15
70008	Пуйо	21,23	21,92	0,69	0,60	1,15
70024	Кито	13,73	13,78	0,05	0,48	0,11
70031	Каньяр	12,07	12,26	0,19	0,60	0,31
70033	Лоха	16,68	16,60	-0,08	0,61	0,13
70037	Милагро	26,19	26,66	0,47	0,53	0,90
70178	Гуаякиль	26,89	27,23	0,34	0,53	0,64
70221	Сан-Кристобаль-Галапагос	25,91	26,18	0,28	0,70	0,39
70258	Амбато	14,04	14,57	0,52	0,77	0,68
71036	Риобамба	13,97	14,50	0,53	0,57	0,93
71170	Салинас	25,27	25,75	0,48	1,01	0,48
71208	Портовьехо	26,32	26,77	0,46	0,55	0,83
71233	Манта	25,86	25,79	-0,06	0,72	0,09
71240	Ибарра	16,05	16,36	0,31	0,72	0,44

71247	Катамайо	23,10	23,17	0,07	0,72	0,10
71256	Сан-Габриэль карчи	12,11	12,61	0,50	0,74	0,67
71262	Ла-Конкордия Ст. Доминго	25,29	25,12	-0,17	0,45	0,39
75029	Пастаза	20,62	21,09	0,47	0,80	0,59
75103	Куэнка	14,59	15,28	0,69	0,55	1,26
75134	Мачала	26,28	26,35	0,07	0,54	0,13

Для оценки изменения климатических норм в относительных единицах, были произведены расчеты среднеквадратического отклонения (СКО) многолетних рядов температур воздуха, результаты которых также приведены в таблице 3.4. С помощью полученных значений были получены относительные показатели роста средних многолетних температур воздуха по отношению к среднеквадратическому отклонению.

Пространственные распределения разностей температур  $\Delta T$ , СКО и  $K = \Delta T / \text{СКО}$  приведены на рис.3.8 – 3.10.

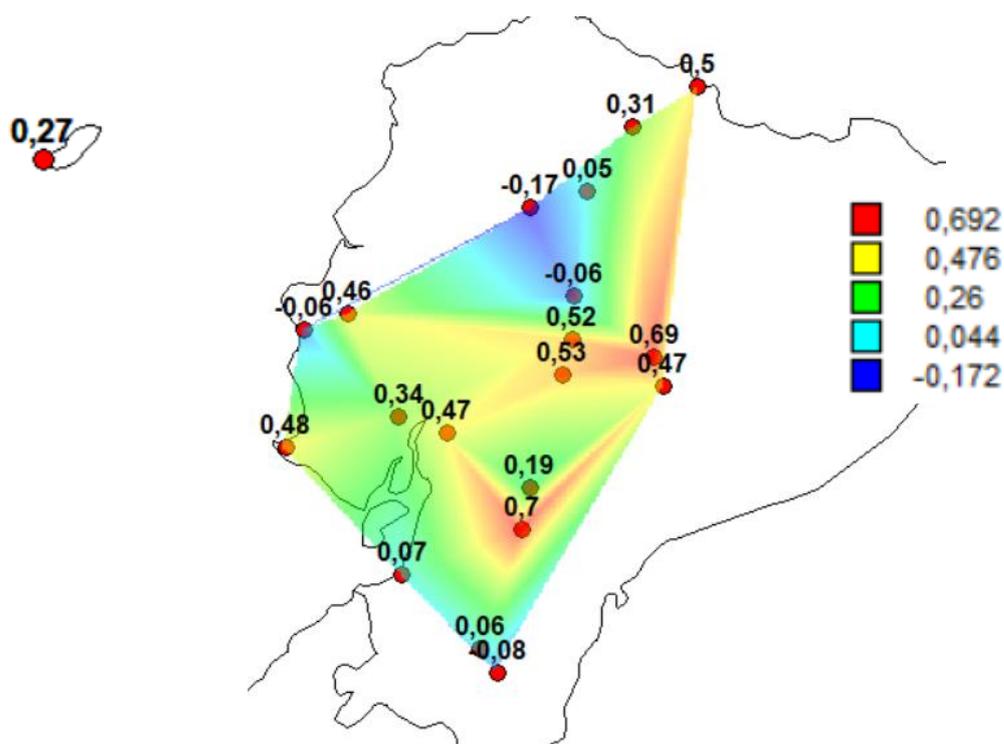


Рис.3.8. Пространственное распределение  $\Delta T$  в  $^{\circ}\text{C}$ .

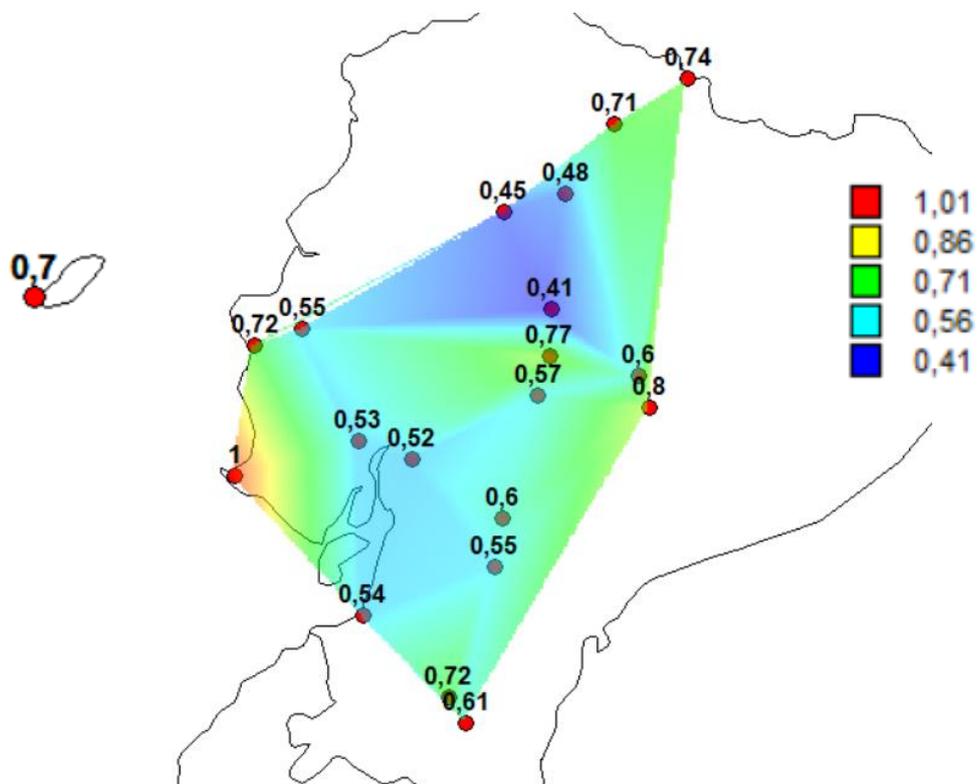


Рис.3.9. Пространственное распределение СКО

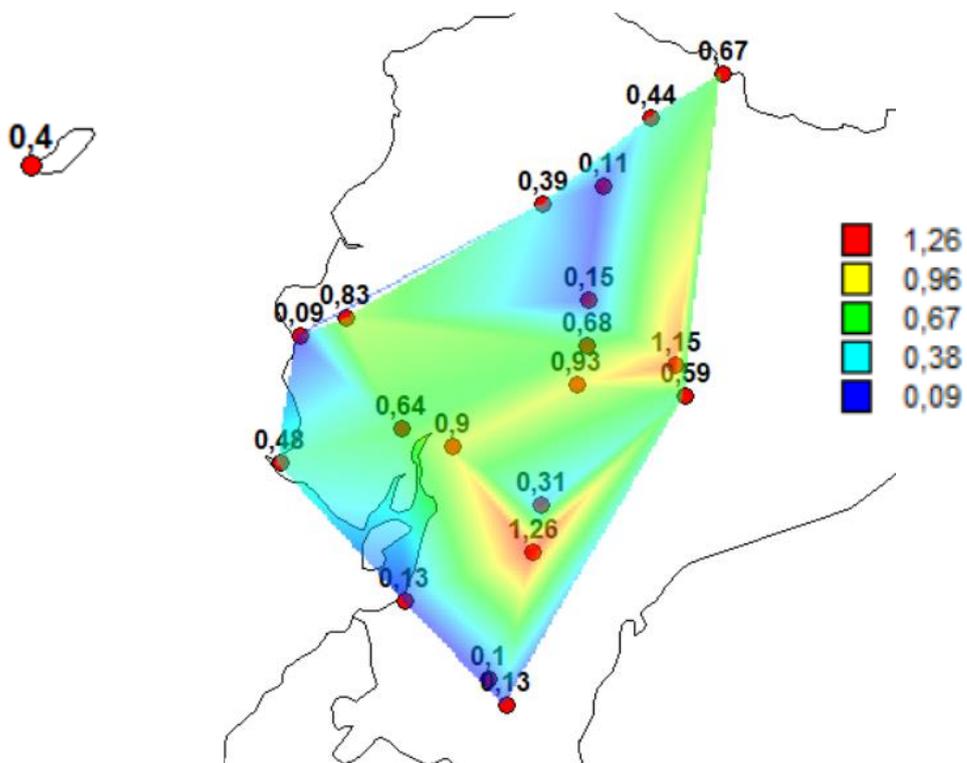


Рис.3.10. Пространственное распределение  $K = \Delta T / \text{СКО}$

Из рис. 3.8 следует, что наибольшие изменения средних температур, близкие  $1^{\circ}\text{C}$  имеют место в центре и на западе страны, там же где и значения К близкие к СКО (рис.3.9).

### 3.6. Особенности климатических изменений на Галапагосских островах.

На метеостанции Сан-Кристоваль-Галапагос (код 70221), которая находится на высоте 6 м над уровнем моря, средняя многолетняя температура января равна  $26^{\circ}\text{C}$ . Многолетний ряд наблюдений за температурой апреля приведен на рис.3.11.

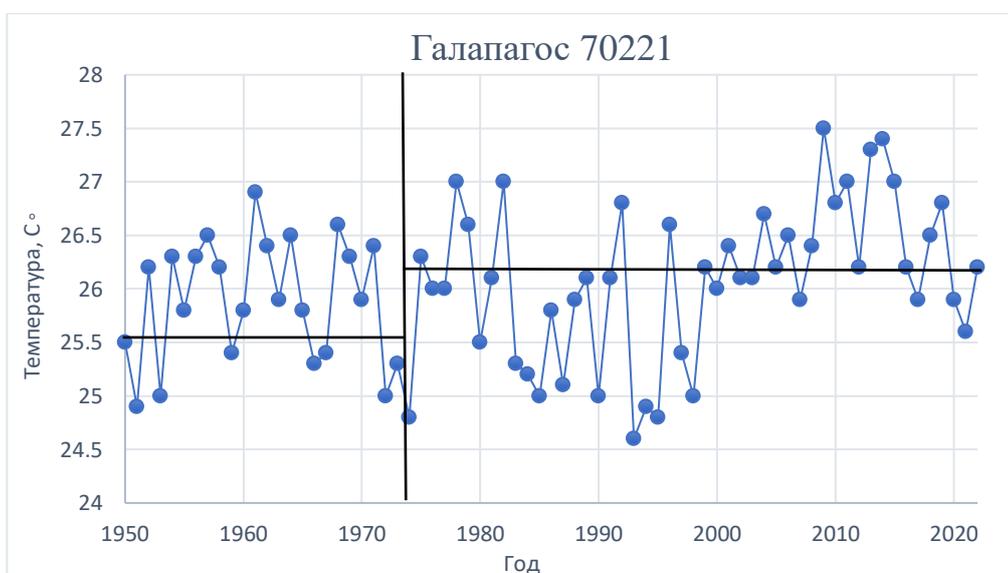


Рис.3.11. Многолетний ряд температуры апреля на Галапагосских островах.

На рисунке 3.11 показано, что в период с 1970 по 1980 год температура повысилась, что может быть связано с изменением климата и колебаниями юга и Эль-Ниньо, когда температура поверхности моря повышается к побережью и понижается к югу. Однако рассчитанные показатели эффективности нестационарных трендовых моделей показывают, что это изменение не столь статистически значимо, но если в отклонении от модели ступенчатых изменений стационарной модели, поскольку она составляет 11%

Результаты расчета характеристик нестационарных моделей среднемесячных температур Апрель для метеостанции Сан-Кристобаль-Галапагос  
(верхняя строка – для всего периода наблюдений, нижняя – с 1960 г.)

код	$\Delta_{тр}$ , %	$\Delta_{ст}$ , %	$F_{тр}$	$F_{ст}$	$T_{ст}$	$T_{нач}$	$T_{к}$	n	$R_{тр}$
70221	4.0	10.6	1.08	1.25	2001	1950	2022	73	0.28
	3.5	11.0	1.07	1.26	2001	1960	2022	63	0.26

#### 4. Оценка климатических изменений в рядах летних температур (июль)

##### 4.1. Пространственные климатические закономерности.

Возвращаясь к информации из главы 2, в которой дается краткое объяснение климата и различных пространственных климатических условий, связанных с широтой, высотой и близостью к Тихому океану. В июле месяце погода в этой стране значительно меняется в зависимости от географического района, в котором вы находитесь. В прибрежных и тропических регионах он характеризуется теплым и влажным климатом, хотя именно в этом месяце концентрация влаги снижается, в то время как в Андских регионах преобладает более холодный и сухой климат. В низовьях Амазонки тропический климат более выражен.

В этой главе будет проведен подробный анализ данных, собранных со станций в Эквадоре, с учетом широты, высоты и влияния Тихого океана, что позволит лучше понять климатические законы на этой территории в течение июля.

Расчетные значения долгосрочной средней температуры за апрель приведены в табл.4.1, где также представлены названия станций, их код ВМО

и координаты станций в виде широты, долготы, высоты и средней температуры.

Таблица 4.1.

Названия, коды метеостанции, их широта, долгота, высота и средняя температура июля

Места	Код	Широта	Долгота	Высота	Сред. Темп
Латакунга	70004	-1,020000	-78,594600	2685,00	11,7
Пуйо	70008	-1,505700	-77,956000	956,00	20,4
Кито	70024	-0,178300	-78,487700	2789,00	13,7
Каньяр	70031	-2,552200	-78,945200	3083,00	10,9
Лоха	70033	-4,037500	-79,203400	2160,00	15,0
Милагро	70037	-2,118056	-79,600278	23,00	23,9
Гуаякиль	70178	-1,983333	-79,983333	28,00	24,4
Галапагос	70221	-0,904056	-89,614306	6,00	22,7
Амбато	70258	-1,367100	-78,605500	2865,00	13,0
Риобамба	71036	-1,650833	-78,685214	2850,00	12,7
Салинас	71170	-2,233611	-80,875125	13,00	21,7
Портовьехо	71208	-1,164167	-80,390000	60,00	24,6
Манта	71233	-1,286875	-80,728997	64,00	23,0
Ибарра	71240	0,329733	-78,132431	2256,00	16,0
Катамайо	71247	-3,850000	-79,333333	2390,00	23,2
карчи	71256	0,654722	-77,605278	2963,00	12,0
Ст. Доминго	71262	-0,314167	-78,933611	902,00	23,6
Пастаза	75029	-1,737700	-77,882000	784,00	19,7
Куэнка	75103	-2,897464	-79,003108	2525,00	13,2
Мачала	75134	-3,259303	-79,954136	3,00	23,1

Из данных таблицы 4.1 следует, что чем выше высота, тем в случае Амазонии из-за ее расположения и растительности климат остается теплым и влажным; чем ниже температура из-за рельефа, характерного для Анд (за исключением Катамайо); напротив, чем ниже температура, чем выше высота, тем выше температура из-за близости к морю. Региональная взаимосвязь между многолетней средней температурой и высотой метеостанции показана на рис.4.1, а пространственное распределение температур показано на рис.4.2.

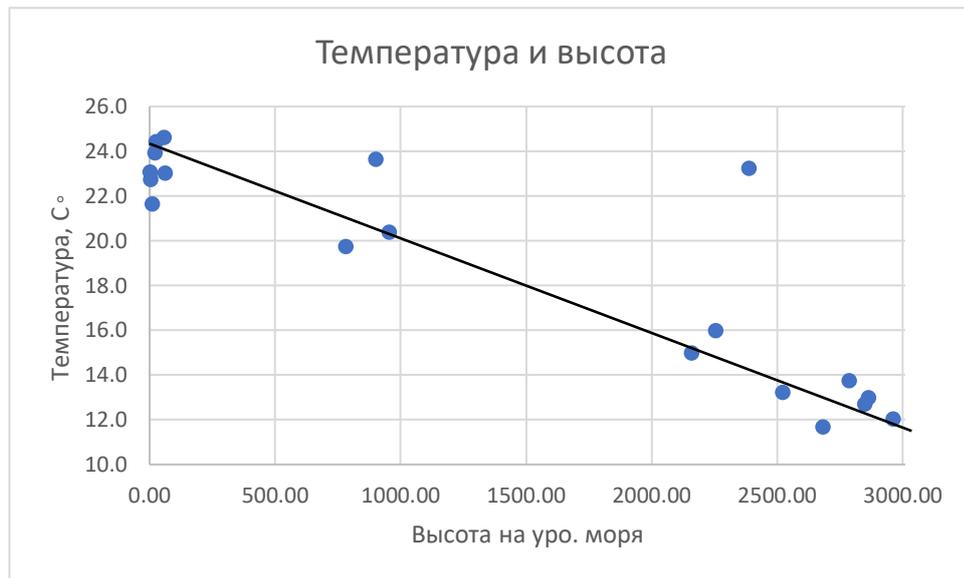


Рисунок 4.1. Региональная зависимость между средней температурой июля и высотой метеостанции.

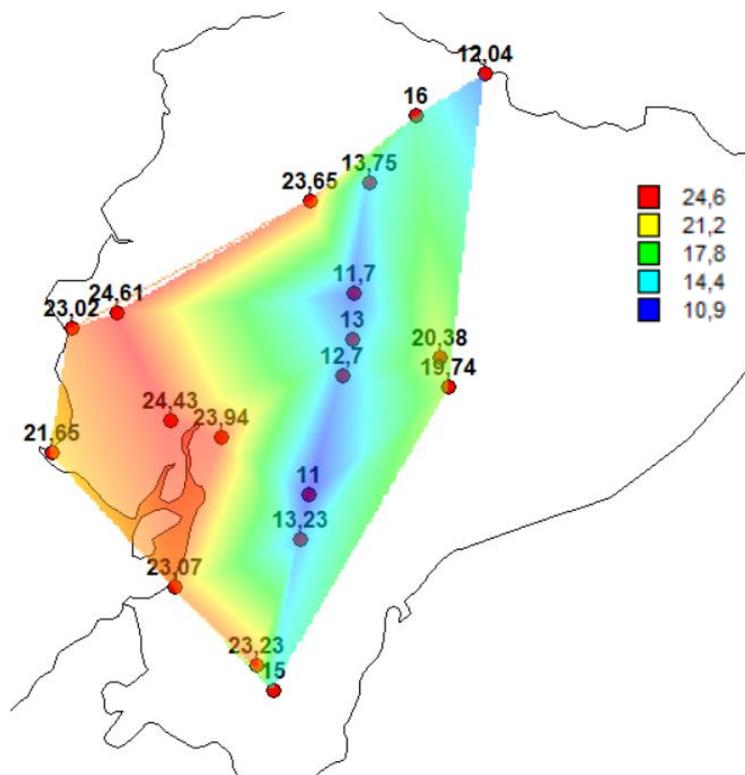


Рисунок 4.2. Пространственное распределение средней температуры июля.

На рис. 4.2 мы можем отметить, что максимальная средняя температура находится в Коста зоне: 24,6 °C на станции Портовьехо; в горах Сьерра самая низкая средняя температура равна 10,9 °C на станции Каньяр; в Амазонии

самая высокая средняя температура составляет 20,4 °С в Пуйо и на Галапагосских островах средняя температура равна 22,7 °С.

#### 4.2. Анализ графиков многолетних колебаний

Прежде чем приступить к моделированию временных рядов, необходимо провести анализ графиков многолетних наблюдений. Примеры таких графиков для 10 метеостанций показаны на рис.4.3 и 4.4.

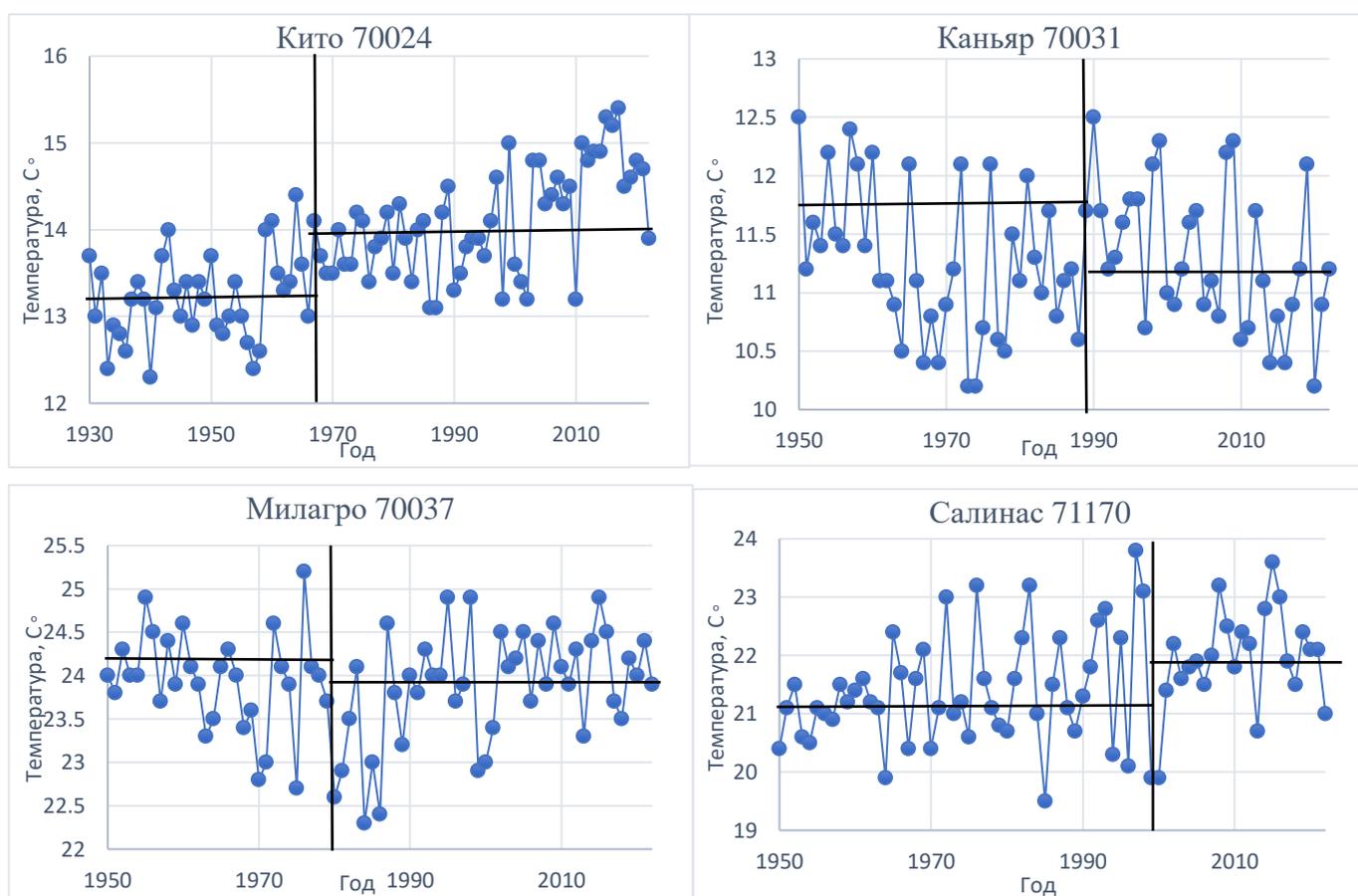


Рисунок 4.3. Многолетние ряды наблюдений за средней температурой июля на метеорологических станциях Эквадора.

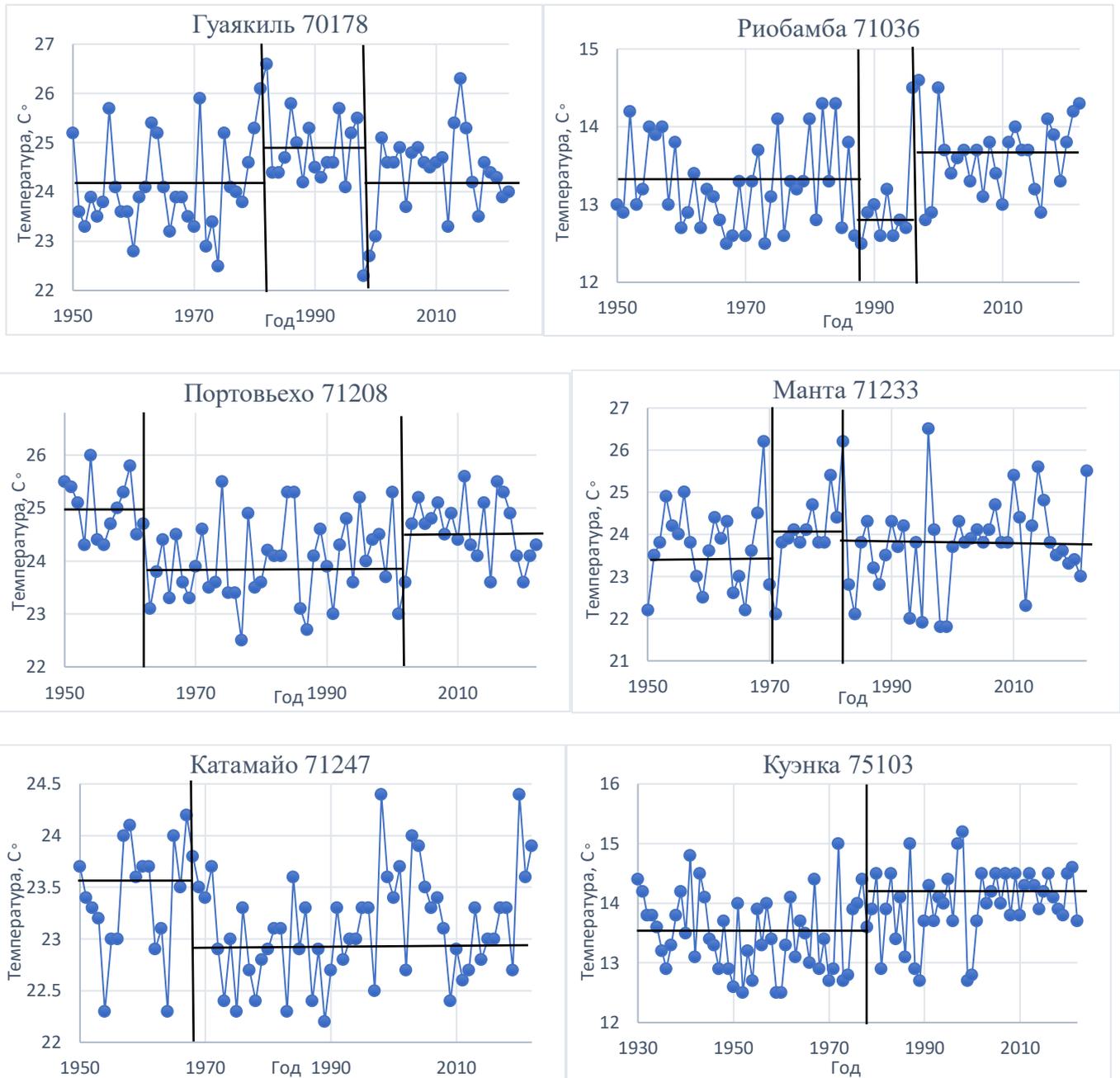


Рисунок 4.4. Многолетние ряды наблюдений за средней температурой июля на метеорологических станциях Эквадора.

На графиках видно, что в большинстве случаев наблюдается тенденция к повышению температуры, за исключением метеостанции Катамайю, Канья, Милагро, где температура снижается. При этом визуально долгосрочные температурные временные ряды можно разделить на 2 или 3 стационарные части, каждая из которых имеет свое среднее значение за этот период. Вторая

часть диаграмм имеет более высокое среднее значение, а год перехода из первой части во вторую в большинстве случаев относится к 1970 году, хотя в некоторых сезонах, таких как Гуаякиль, Риобамба, Портовьехо и Куэнка, наблюдаются стационарные разделения на периоды с 1970 по середине 1990; повышение температуры уже произошло, вероятно, из-за роста промышленности, загрязнения окружающей среды и численности населения в этих городах.

#### 4.3. Моделирование многолетних рядов в пунктах.

Делая упор на информацию, представленную в предыдущей главе, с помощью программ TIMOD и TIMOD 1 нам удалось получить следующие таблицы, в которых можно наблюдать результаты расчетов программы во время моделирования за весь период наблюдения показаны в табл.4.2, а результаты, полученные в результате моделирования, приведены в таблице. результаты моделирования рядов за последний период с 1960 г. - в табл.4.3.

В таблицах даны следующие обозначения:

$\Delta_{тр},\%$  - отклонение модели тренда от стационарной модели в %;

$\Delta_{ст},\%$  - отклонение модели ступенчатых изменений от стационарной модели в %;

$F_{тр}$  - расчетное значение статистики критерия Фишера при сравнении остаточных дисперсий стационарной модели и модели линейного тренда;

$F_{ст}$  - расчетное значение статистики критерия Фишера при сравнении остаточных дисперсий стационарной модели и модели ступенчатых изменений;

$T_{нач}$  – год начала наблюдений;

$T_{к}$  – год окончания наблюдений;

$N$  – число лет наблюдений;

Tст - год перехода от одних стационарных условий к другим в модели ступенчатых изменений.

Rтр – коэффициент корреляции между температурой и временем.

Таблица 4.2.

Результаты аппроксимации моделями нестационарного среднего многолетних рядов температур июль за весь период наблюдений

код	$\Delta_{тр}, \%$	$\Delta_{ст}, \%$	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
70004	1.4	6.1	1.03	1.13	1970	1950	2022	73	-0.16
70008	<b>13.8</b>	<b>24.2</b>	1.35	1.74	1995	1950	2022	73	<b>0.51</b>
70024	<b>31.1</b>	<b>24.9</b>	2.10	1.77	2003	1930	2022	93	<b>0.72</b>
70031	1.4	6.7	1.03	1.15	1961	1950	2022	73	-0.17
70033	0.5	1.0	1.01	1.02	1984	1950	2022	73	0.10
70037	0.3	3.3	1.01	1.07	2002	1950	2022	73	0.07
70178	1.8	6.1	1.04	1.13	1979	1950	2022	73	0.19
70221	1.3	2.9	1.03	1.06	1996	1950	2022	73	0.16
70258	0.8	<b>21.6</b>	1.02	1.63	1962	1950	2022	73	-0.13
71036	3.7	8.7	1.08	1.20	1996	1950	2022	73	0.27
71170	7.4	6.8	1.17	1.15	2002	1950	2022	73	<b>0.38</b>
71208	0.0	7.9	1.00	1.18	1961	1950	2022	73	-0.02
71233	0.3	1.3	1.01	1.03	2001	1950	2022	73	0.08
71240	4.7	<b>32.6</b>	1.10	2.20	1963	1950	2022	73	-0.30
71247	0.1	4.5	1.00	1.10	1972	1950	2022	73	-0.04
71256	0.8	<b>14.5</b>	1.02	1.37	2000	1950	2022	73	-0.12
71262	0.0	1.1	1.00	1.02	1987	1950	2022	73	-0.01
75029	3.3	7.9	1.07	1.18	1997	1950	2022	73	0.25
75103	6.1	8.9	1.13	1.21	1975	1930	2022	93	<b>0.34</b>
75134	0.1	0.6	1.00	1.01	1974	1950	2022	73	-0.04

Таблица 4.3.

Результаты аппроксимации моделями нестационарного среднего многолетних рядов температур июль (с 1960 г.).

код	$\Delta_{тр}, \%$	$\Delta_{ст}, \%$	Fтр	Fст	Tст	Tнач	Tк	n	Rтр
70004	0.3	5.1	1.01	1.11	1970	1960	2022	63	-0.08
70008	9.6	<b>23.0</b>	1.22	1.69	1995	1960	2022	63	<b>0.43</b>

70024	<b>18.7</b>	<b>25.5</b>	1.51	1.80	2003	1960	2022	63	<b>0.58</b>
70031	0.0	2.6	1.00	1.05	2010	1960	2022	63	0.03
70033	0.5	1.4	1.01	1.03	1970	1960	2022	63	0.10
70037	2.5	5.5	1.05	1.12	1987	1960	2022	63	0.22
70178	0.9	5.8	1.02	1.13	1975	1960	2022	63	0.14
70221	2.1	3.5	1.04	1.07	1996	1960	2022	63	0.20
70258	5.0	<b>15.1</b>	1.11	1.39	2000	1960	2022	63	<b>0.31</b>
71036	9.6	<b>12.8</b>	1.22	1.31	1996	1960	2022	63	<b>0.43</b>
71170	4.4	5.4	1.09	1.12	2007	1960	2022	63	<b>0.29</b>
71208	3.3	6.5	1.07	1.14	2003	1960	2022	63	0.25
71233	0.3	1.3	1.01	1.03	2001	1960	2022	63	0.07
71240	0.0	2.6	1.00	1.05	1970	1960	2022	63	0.02
71247	0.1	4.5	1.00	1.10	1972	1960	2022	63	0.05
71256	<b>10.1</b>	<b>26.6</b>	1.24	1.86	2000	1960	2022	63	-0.44
71262	0.4	2.7	1.01	1.06	1987	1960	2022	63	-0.09
75029	5.9	9.4	1.13	1.22	1997	1960	2022	63	<b>0.34</b>
75103	9.5	9.6	1.22	1.22	1975	1960	2022	63	<b>0.42</b>
75134	0.3	1.4	1.01	1.03	1974	1960	2022	63	-0.07

Анализируя данные таблицы 4.3 за июль, мы можем сказать, что из 20 серий наблюдений на 8 станциях эффективны модели нестационарного среднего, установленные для разных показателей эффективности: для  $\Delta \text{ст}\% > 10$  было получено 5 нестационарных моделей, для  $\Delta \text{тр}\% > 10$  было получено 2 нестационарные модели стационарный и было установлено 7 случаев статистически значимых коэффициентов  $R_{\text{тр}}$ .

Наиболее подробные оценки заключаются в следующем:

- На метеостанции Пуйо (70008) модель линейного тренда неэффективна, модель ступенчатого сдвига эффективна, и это повышение температуры произошло в 1995, коэффициент корреляции со временем также статистически значим. Статистическая значимость коэффициента  $R_{\text{тр}}$  также была получена путем моделирования ряда с 1960 года.
- В Кито (70024) эффективна модель линейного тренда и модель ступенчатого изменения с дельтой более 10%, а также

статистически значимым коэффициентом корреляции с течением времени, и это также характерно для моделирования рядов с 1960 года.

- На станции Амбато (70258), Риобамба (701036) модель линейного тренда неэффективна, а модель ступенчатого сдвига эффективна при кратковременном повышении температуры; коэффициент корреляции со временем также статистически значим.
- В Карчи (71256) эффективна модель линейного тренда и модель ступенчатого изменения с дельтой более 10%, и это также характерно для моделирования рядов с 1960 года.
- В Салинасе (71170) Дельта линейного тренда и модель ступенчатого изменения находятся ниже 10%. Однако коэффициент корреляции со временем статистически значим как для целой серии наблюдений.
- В Куэнка (75103) эффективна модель линейного тренда и модель ступенчатого изменения с дельтой менее 10%, а также статистически значимым коэффициентом корреляции с течением времени.

Из представленных графиков нестационарных временных рядов (рис.3.3 и 3.4) можно сделать вывод, что в большинстве случаев эффективна модель ступенчатого сдвига, и только в 1-2 случаях может быть модель линейного тренда. Годы перемен в основном относятся к концу двадцатого века. Причиной таких изменений стал результат влияния антропогенного фактора.

#### 4.4. Обобщение показателей нестационарности по территории.

Полученные в предыдущем в предыдущем исследовании показатели эффективности нестационарных моделей были представлены на карте и результаты в виде пространственных распределений даны на рис.4.5 – 4.7.

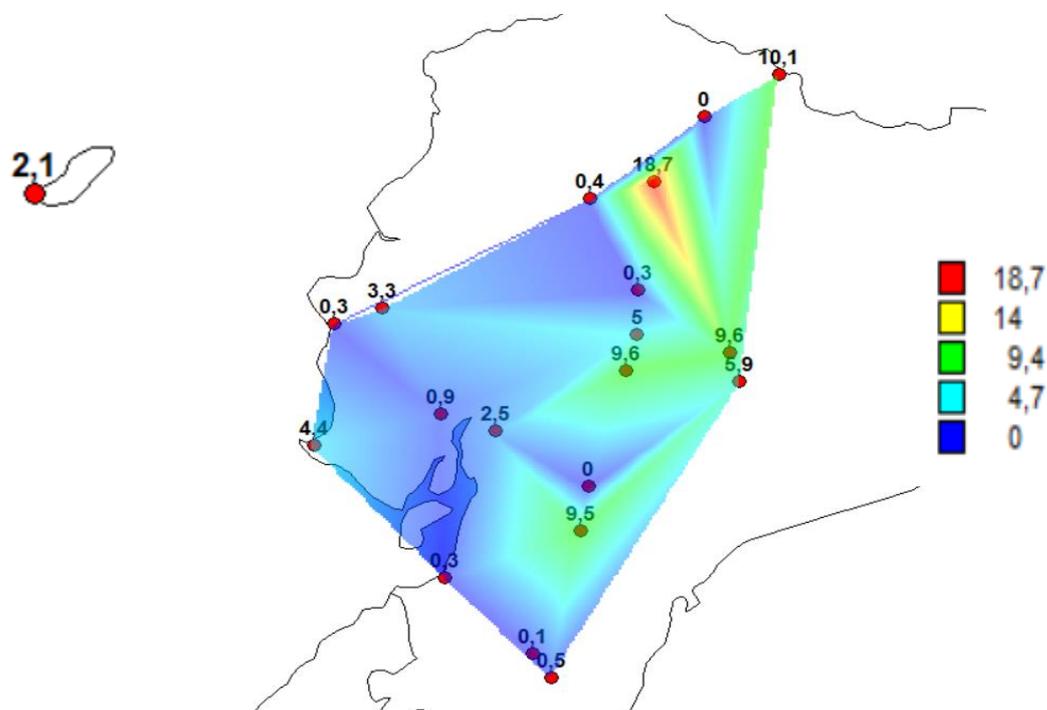


Рис.4.5. Распределение по территории показателей нестационарных моделей за июль  $\Delta_{тр}$ , % за весь период наблюдений.

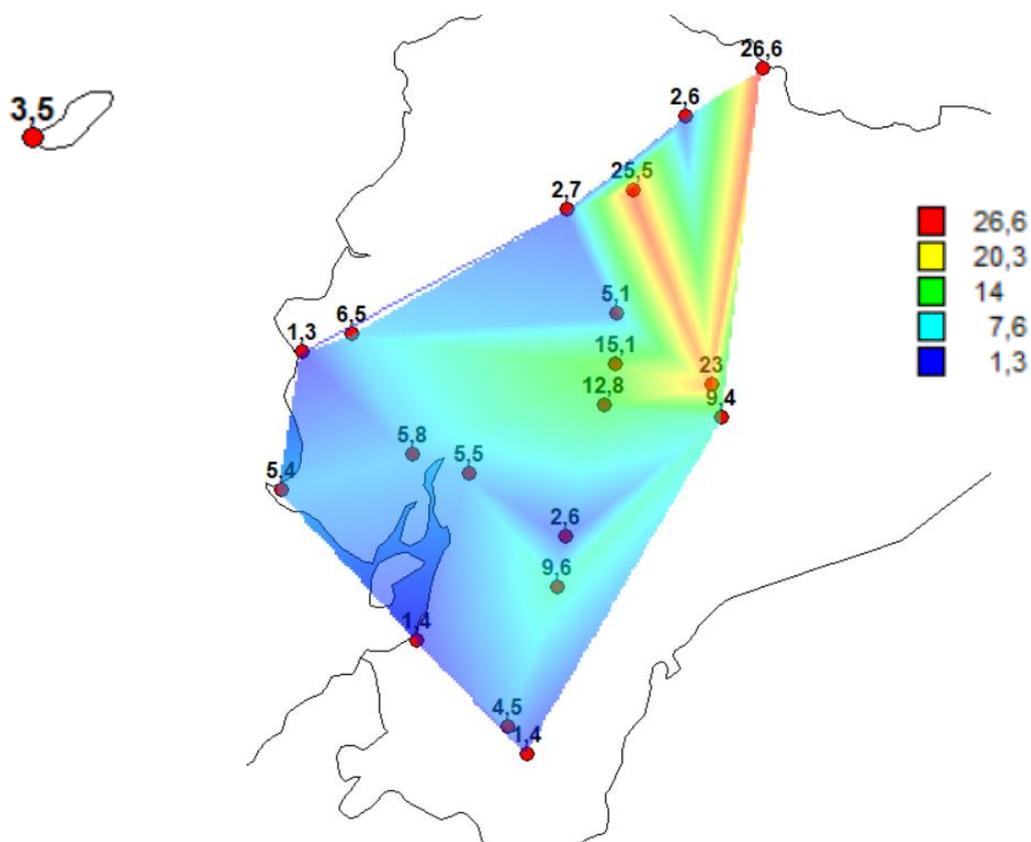


Рис.4.6. Распределение по территории показателей нестационарных моделей за июль  $\Delta_{st}$ , % за весь период наблюдений.

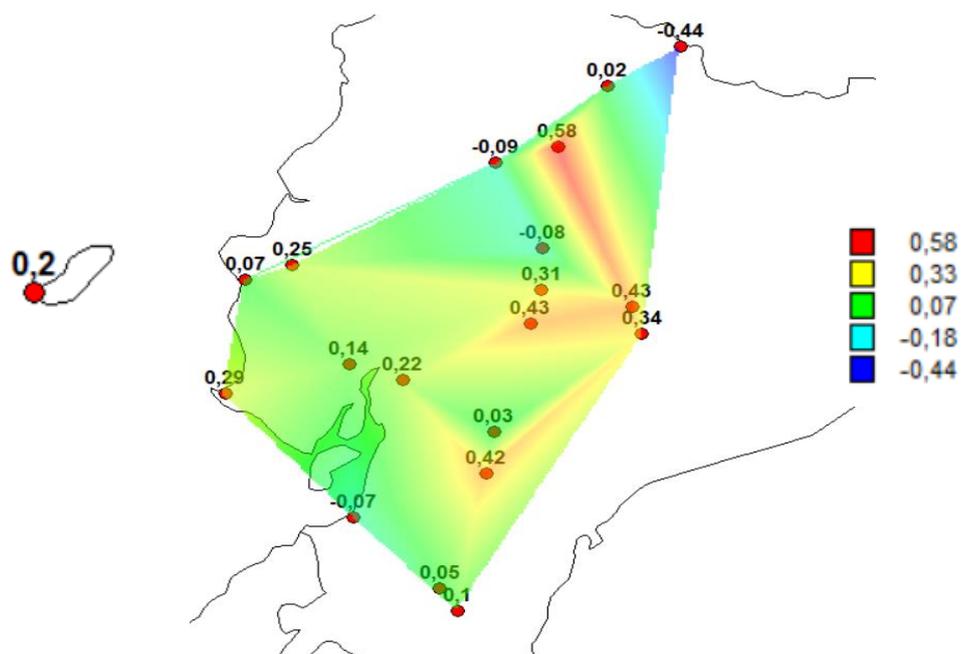


Рис.4.7. Распределение по территории показателей нестационарных моделей за июль  $R_{tr}$  за весь период наблюдений.

В соответствии с рис.4.5 - 4.7 пространственные распределения показывают, что самые высокие показатели нестационарности наблюдаются в центре и на севере исследуемой области и представлены красной и желтой зонами на картах. Ставки, наиболее близкие к стационарным, находятся в северных регионах и небольшом регионе на юго-востоке и отмечены синим цветом.

#### 4.5. Количественная оценка изменения температур.

Чтобы количественно оценить повышение средних июльских температур, несколько наблюдений были разделены на две части, и были рассчитаны средние значения за два периода: с начала наблюдений, 1989 и 1990 годов, до конца наблюдений.

Таблица 4.4.

Показатели количественной оценки изменений температуры воздуха  
июля

Код	Наименование	T1	T2	$\Delta T = T2 - T1$	СКО	$K = \Delta T / \text{СКО}$
70004	Латакунга	11,87	11,83	-0,04	0,60	0,07
70008	Пуйо	20,10	20,79	0,69	0,65	1,06
70024	Кито	13,77	14,31	0,54	0,54	1,00
70031	Каньяр	11,10	11,30	0,20	0,61	0,32
70033	Лоха	14,98	15,00	0,02	0,77	0,03
70037	Милагро	23,64	24,05	0,41	0,64	0,64
70178	Гуаякиль	24,38	24,45	0,07	0,93	0,07
70221	Сан-Кристобаль-Галапагос	22,45	23,05	0,60	1,25	0,47
70258	Амбато	12,60	13,02	0,42	0,66	0,64
71036	Риобамба	12,64	13,01	0,37	0,59	0,63
71170	Салинас	21,38	21,92	0,55	0,98	0,56
71208	Портовьехо	24,23	24,63	0,40	0,78	0,51
71233	Манта	23,79	23,85	0,06	1,05	0,05
71240	Ибарра	15,72	15,89	0,17	0,77	0,22
71247	Катамайо	23,08	23,24	0,16	0,78	0,20
71256	Сан-Габриэль карчи	12,52	11,93	-0,59	0,81	0,73

71262	Ла-Конкордия Ст. Доминго	23,77	23,58	-0,19	0,57	0,34
75029	Паस्ताза	19,57	19,90	0,33	0,71	0,46
75103	Куэнка	13,06	13,60	0,54	0,74	0,73
75134	Мачала	23,13	23,04	-0,09	1,13	0,08

Для оценки изменения климатических норм в относительных единицах, были произведены расчеты среднеквадратического отклонения (СКО) многолетних рядов температур воздуха, результаты которых также приведены в таблице 4.4. С помощью полученных значений были получены относительные показатели роста средних многолетних температур воздуха по отношению к среднеквадратическому отклонению.

Пространственные распределения разностей температур  $\Delta T$ , СКО и  $K = \Delta T / \text{СКО}$  приведены на рис.4.8 – 4.10.

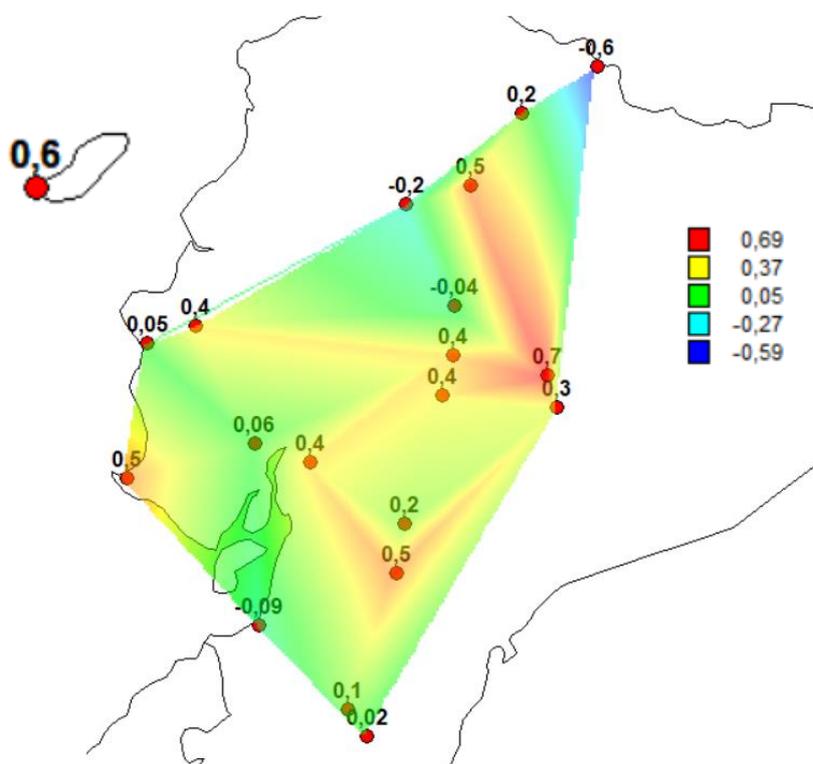


Рис.4.8. Пространственное распределение  $\Delta T$  в  $^{\circ}\text{C}$ .

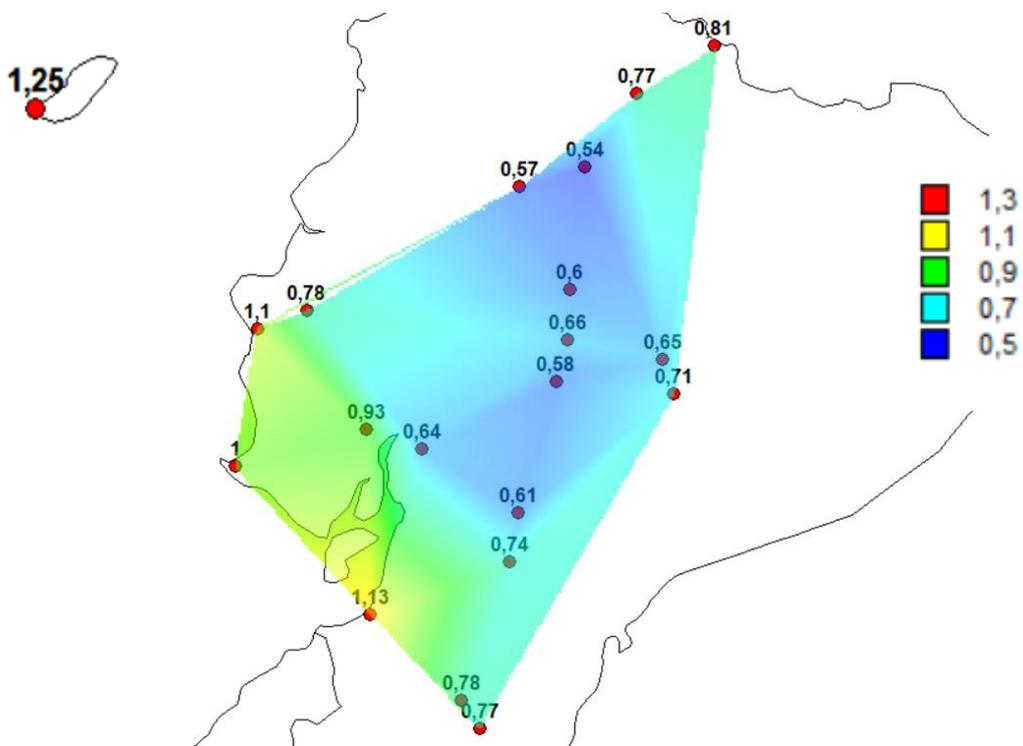


Рис.4.9. Пространственное распределение СКО

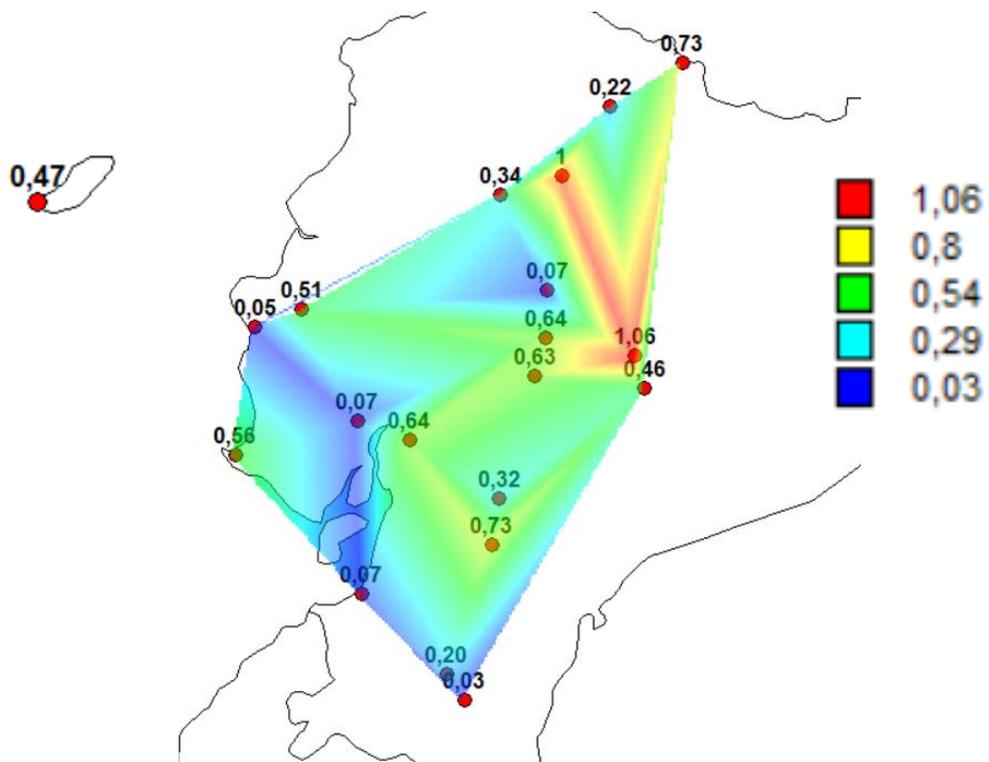


Рис.4.10. Пространственное распределение  $K = \Delta T / SKO$

Из рис. 4.8 следует, что наибольшие изменения средних температур, близкие  $1^{\circ}\text{C}$  имеют место в центре и на западе страны, там же где и значения К близкие к СКО (рис.4.9).

#### 4.6. Особенности климатических изменений на Галапагосских островах.

На метеостанции Сан-Кристоваль-Галапагос (код 70221), которая находится на высоте 6 м над уровнем моря, средняя многолетняя температура июля равна  $22,7^{\circ}\text{C}$ . Многолетний ряд наблюдений за температурой июля приведен на рис.4.11.

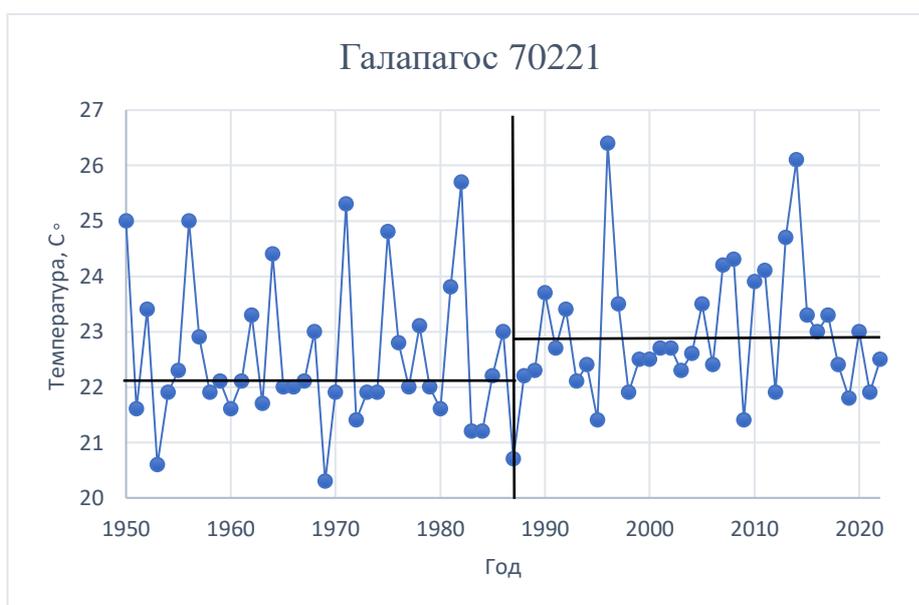


Рис.4.11. Многолетний ряд температуры июля на Галапагосских островах.

На рисунке 4.11 показано, что температура повысилась в период с конца 1980-х по начало 1990-х годов, что может быть связано с изменением климата и колебаниями на юге и в Эль-Ниньо, поскольку температура поверхности моря повышается к побережью и понижается к югу. Однако рассчитанные показатели эффективности нестационарных моделей трендов показывают, что это изменение не так статистически значимо, как и коэффициент корреляции.

Таблица 4.5.

Результаты расчета характеристик нестационарных моделей среднемесячных температур июль для метеостанции Сан-Кристобаль-Галапагос

(верхняя строка – для всего периода наблюдений, нижняя – с 1960 г.)

<b>код</b>	<b><math>\Delta_{тр}</math>, %</b>	<b><math>\Delta_{ст}</math>, %</b>	<b><math>F_{тр}</math></b>	<b><math>F_{ст}</math></b>	<b><math>T_{ст}</math></b>	<b><math>T_{нач}</math></b>	<b><math>T_{к}</math></b>	<b><math>n</math></b>	<b><math>R_{тр}</math></b>
70221	1.3	2.9	1.03	1.06	1996	1950	2022	73	0.16
	2.1	3.5	1.04	1.07	1996	1960	2022	63	0.20

## 5. Оценка климатических изменений в рядах осенних температур (октябрь).

### 5.1. Пространственные климатические закономерности.

В октябре месяце погода в этой стране значительно меняется в зависимости от географического района, в котором вы находитесь. В прибрежных и тропических регионах он характеризуется теплым и влажным климатом, в то время как в Андских регионах преобладает более холодный и сухой климат. В эти месяцы дожди идут постоянно. В этой главе будет проведен анализ данных, собранных со станций в Эквадоре, с учетом широты, высоты и влияния Тихого океана.

Расчетные значения долгосрочной средней температуры за октябрь приведены в табл.5.1, где также представлены названия станций, их коды ВМО и координаты станций в виде широты, долготы, высоты и средней температуры.

Таблица 5.1.

Названия, коды метеостанции, их широта, долгота, высота и средняя температура октября

Места	Код	широта	долгота	высота	Сред. Темп
Латакунга	70004	-1,020000	-78,594600	2685,00	12,7
Пуйо	70008	-1,505700	-77,956000	956,00	21,7
Кито	70024	-0,178300	-78,487700	2789,00	13,4
Каньяр	70031	-2,552200	-78,945200	3083,00	11,7
Лоха	70033	-4,037500	-79,203400	2160,00	16,5
Милагро	70037	-2,118056	-79,600278	23,00	24,3
Гуаякиль	70178	-1,983333	-79,983333	28,00	24,7
Галапагос	70221	-0,904056	-89,614306	6,00	22,0
Амбатто	70258	-1,367100	-78,605500	2865,00	14,3
Риобамба	71036	-1,650833	-78,685214	2850,00	13,9
Салинас	71170	-2,233611	-80,875125	13,00	21,5
Портовьехо	71208	-1,164167	-80,390000	60,00	24,8
Манта	71233	-1,286875	-80,728997	64,00	22,9
Ибарра	71240	0,329733	-78,132431	2256,00	16,0

Катамайо	71247	-3,850000	-79,333333	2390,00	23,5
Карчи	71256	0,654722	-77,605278	2963,00	12,5
Ст. Доминго	71262	-0,314167	-78,933611	902,00	23,6
Пастаза	75029	-1,737700	-77,882000	784,00	20,8
Куэнка	75103	-2,897464	-79,003108	2525,00	14,6
Мачала	75134	-3,259303	-79,954136	3,00	22,6

Данные, приведенные в таблице 5.1, показывают, что чем выше высота, тем ниже температура из-за рельефа Анд, за исключением Катамайо, чем ниже высота, тем выше температура из-за близости к морю. Региональная взаимосвязь между многолетней средней температурой и высотой метеостанции показана на рис.5.1, а пространственное распределение температур показано на рис.5.2

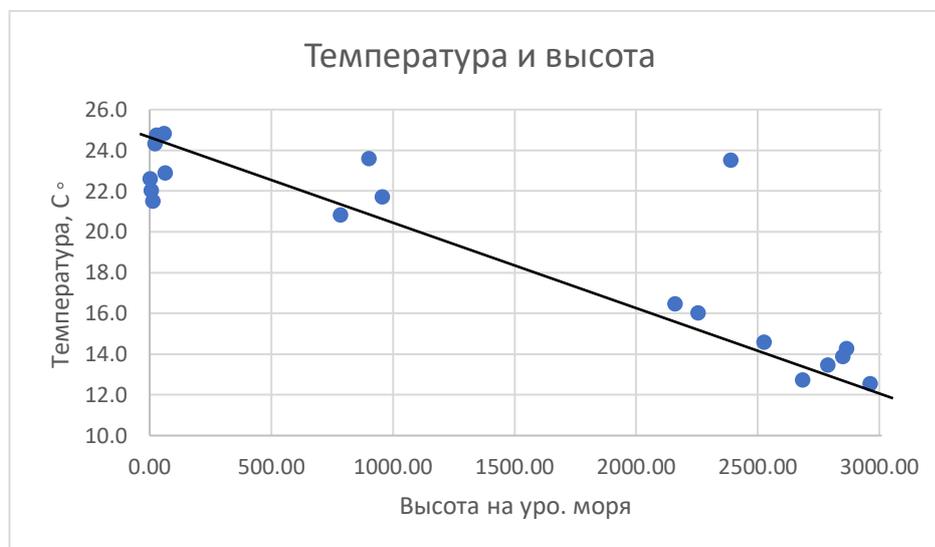


Рисунок 5.1. Региональная зависимость между средней температурой октябрь и высотой метеостанции.

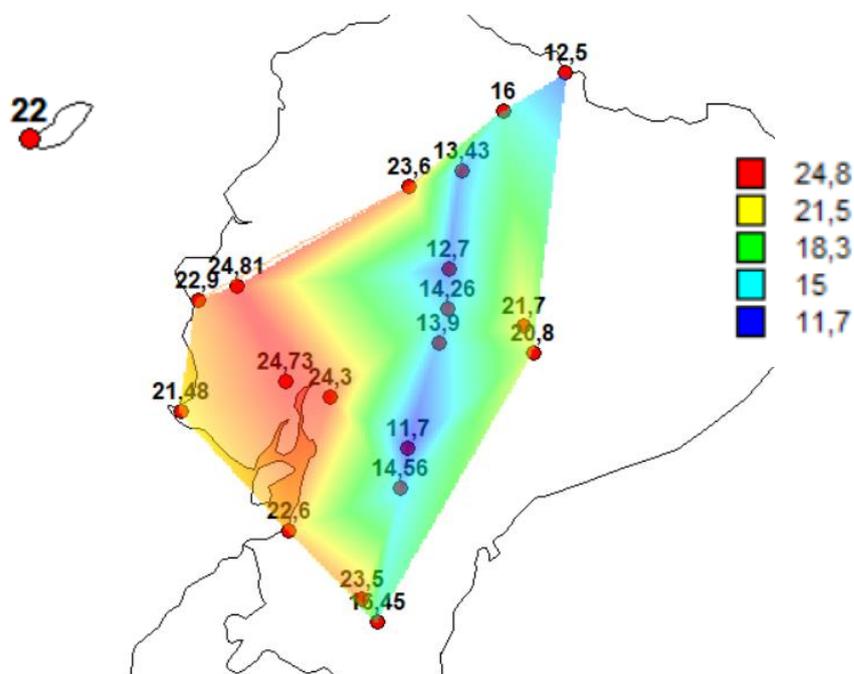


Рисунок 5.2. Пространственное распределение средней температуры октябрь.

На рис. 5.2 мы можем отметить, что максимальная средняя температура находится в Коста зоне: 24,8 °С на станции Портовьехо; в горах Сьерра самая низкая средняя температура равна 11,7 °С на станции Каньяр; в Амазонии самая высокая средняя температура составляет 21,7 °С в Пуйо и на Галапагосских островах средняя температура равна 22 °С.

## 5.2. Анализ графиков многолетних колебаний.

Прежде чем приступить к моделированию временных рядов, необходимо провести анализ графиков многолетних наблюдений. Примеры таких графиков для 10 метеостанций показаны на рис.5.3 и 5.4.

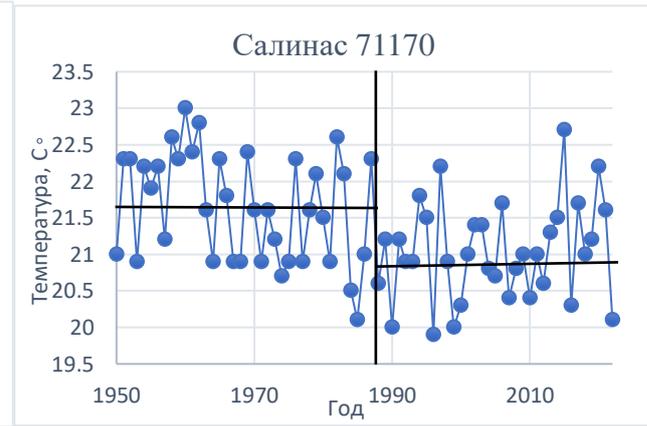
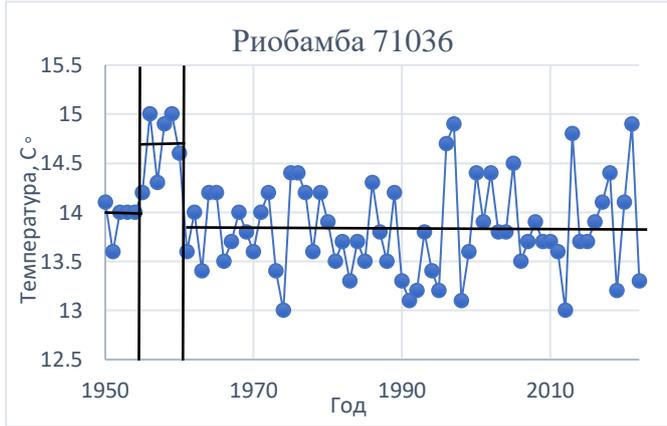
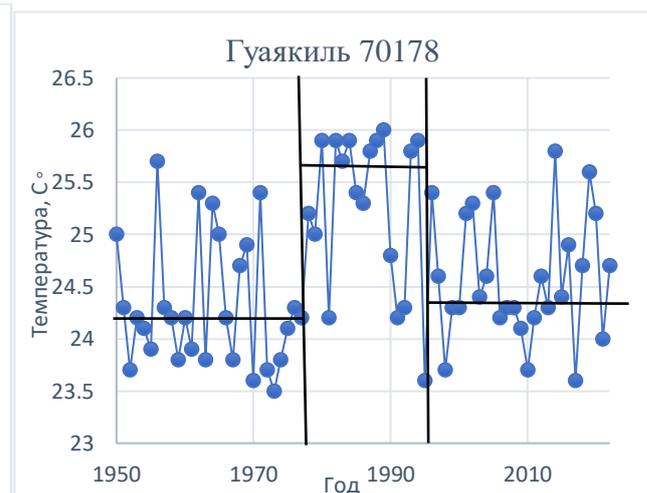
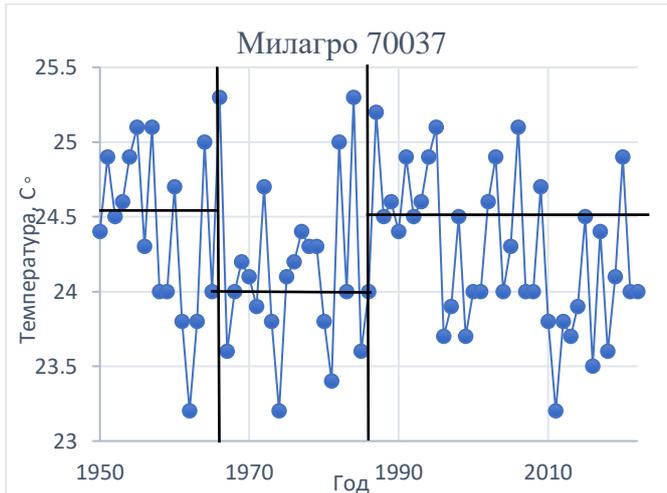
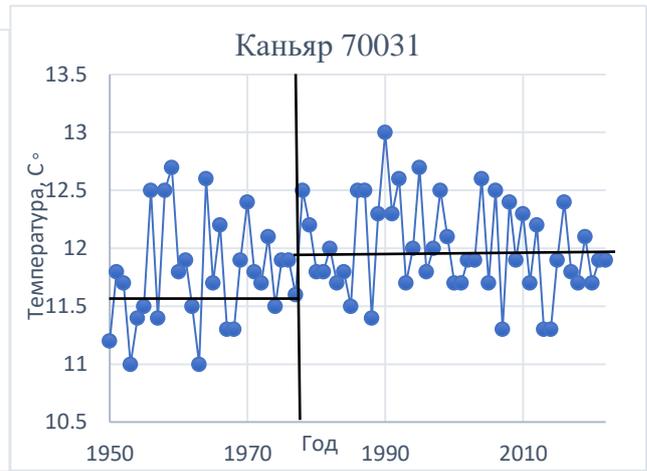
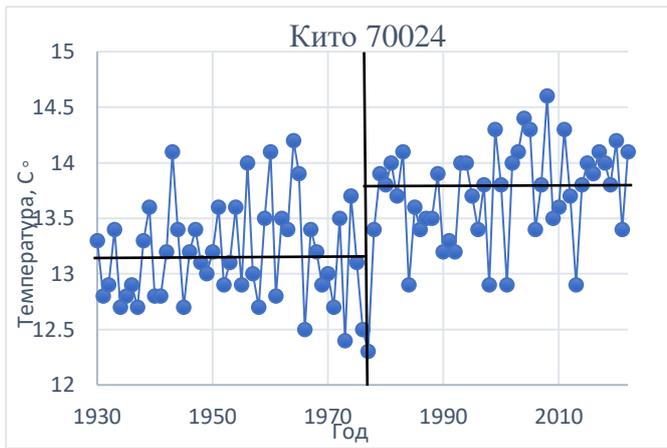


Рисунок 5.3. Многолетние ряды наблюдений за средней температурой октября на метеорологических станциях Эквадора.

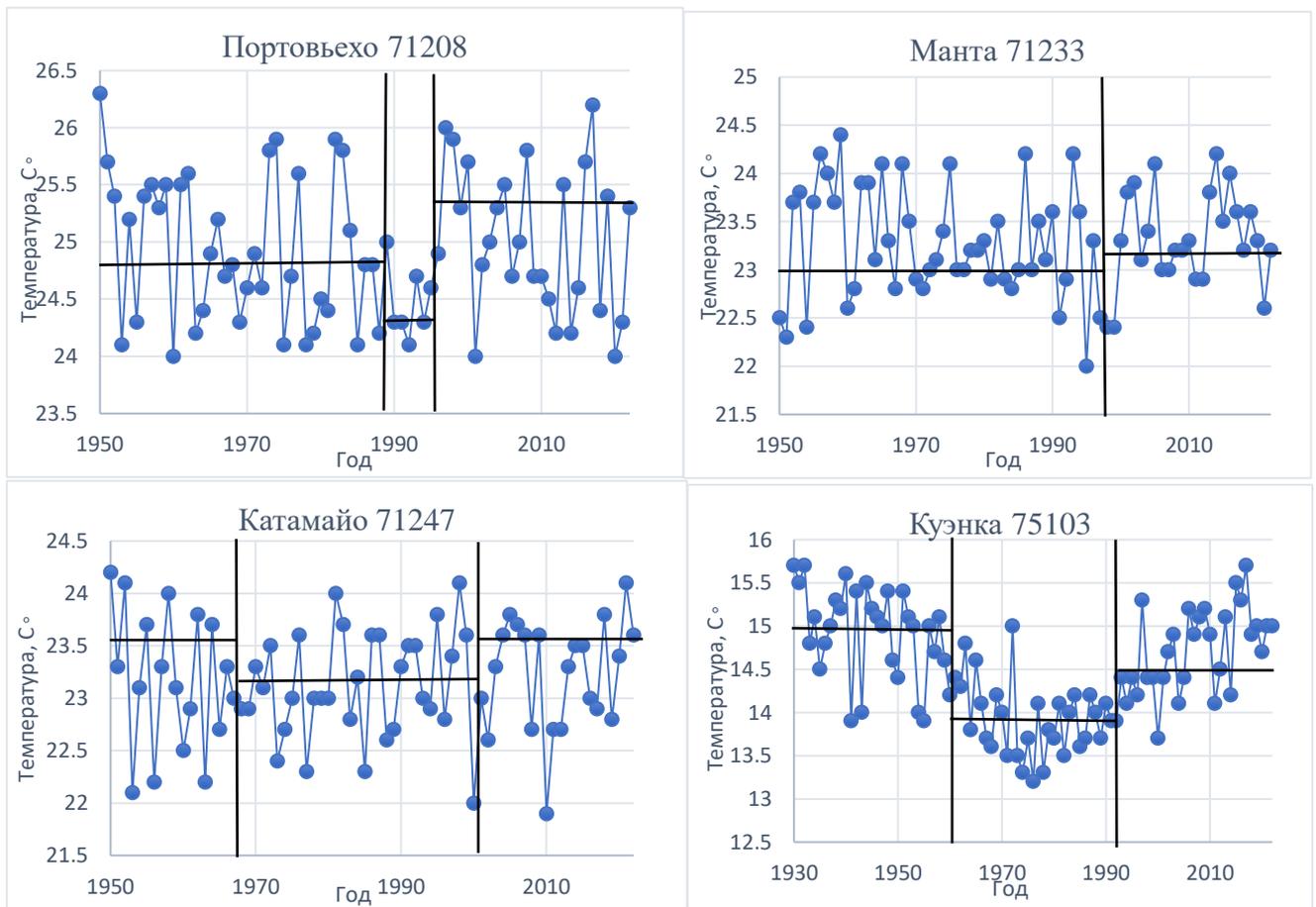


Рисунок 5.4. Многолетние ряды наблюдений за средней температурой октября на метеорологических станциях Эквадора.

На графиках видно, что в большинстве случаев наблюдается тенденция к повышению температуры, за исключением метеорологической станции в Гуаякиле, Риобамбе, Салинасе, где температура снижается. При этом визуально долгосрочные температурные временные ряды можно разделить на 2 или 3 стационарные части, каждая из которых имеет свое среднее значение за этот период. Вторая часть диаграмм имеет более высокое среднее значение, а год перехода из первой части во вторую в большинстве случаев относится к 1970 году, хотя в некоторых сезонах, таких как Милагро, Риобамба, Портовьехо, Катамайо и Куэнка, наблюдаются стационарные разделения на периоды с 1970 по август. середина 1990-х; повышение температуры уже произошло, вероятно, из-за роста промышленности, загрязнения окружающей среды и численности населения в этих городах.

### 5.3. Моделирование многолетних рядов в пунктах.

Делая упор на информацию, представленную в предыдущей главе, с помощью приложений TIMOD и TIMOD 1; нам удалось получить следующие таблицы, в которых можно наблюдать результаты расчетов программы во время моделирования за весь период наблюдения показаны в табл.5.2, а результаты, полученные в результате моделирования, приведены в таблице. результаты моделирования рядов за последний период с 1960 г.-в табл.5.3.

Таблица 5.2.

Результаты аппроксимации моделями нестационарного среднего многолетних рядов температур октябрь за весь период наблюдений

код	$\Delta_{гр},$ %	$\Delta_{ст},$ %	$F_{гр}$	$F_{ст}$	$T_{ст}$	$T_{нач}$	$T_{к}$	$n$	$R_{гр}$
70004	3.3	5.2	1.07	1.11	1971	1950	2022	73	-0.25
70008	9.8	23.2	1.23	1.70	1995	1950	2022	73	<b>0.43</b>
70024	<b>14.8</b>	<b>16.6</b>	1.38	1.44	1979	1930	2022	93	<b>0.52</b>
70031	1.4	3.4	1.03	1.07	1978	1950	2022	73	0.17
70033	2.8	4.2	1.06	1.09	1972	1950	2022	73	0.23
70037	1.4	3.7	1.03	1.08	2010	1950	2022	73	-0.17
70178	0.8	6.6	1.02	1.15	1978	1950	2022	73	0.13
70221	0.0	0.5	1.00	1.01	1990	1950	2022	73	-0.01
70258	7.8	<b>38.8</b>	1.18	2.67	1964	1950	2022	73	-0.39
71036	1.4	7.1	1.03	1.16	1961	1950	2022	73	-0.16
71170	8.1	<b>11.3</b>	1.18	1.27	1984	1950	2022	73	-0.39
71208	0.3	2.5	1.01	1.05	1960	1950	2022	73	-0.07
71233	0.1	1.4	1.00	1.03	1970	1950	2022	73	-0.03
71240	<b>13.6</b>	<b>43.8</b>	1.34	3.17	1964	1950	2022	73	-0.50
71247	0.2	0.7	1.00	1.02	2012	1950	2022	73	0.07
71256	1.7	5.9	1.03	1.13	1980	1950	2022	73	0.18
71262	0.0	1.2	1.00	1.03	1990	1950	2022	73	0.01
75029	1.1	4.3	1.02	1.09	1997	1950	2022	73	0.15
75103	1.1	<b>12.8</b>	1.02	1.32	1954	1930	2022	93	-0.15
75134	0.4	1.5	1.01	1.03	1999	1950	2022	73	-0.09

Таблица 5.3.

Результаты аппроксимации моделями нестационарного среднего многолетних рядов температур октябрь (с 1960 г.).

код	$\Delta_{тр}$ , %	$\Delta_{ст}$ , %	$F_{тр}$	$F_{ст}$	$T_{ст}$	$T_{нач}$	$T_{к}$	n	$R_{тр}$
70004	0.5	1.8	1.01	1.04	1987	1960	2022	63	-0.10
70008	7.7	<b>22.9</b>	1.17	1.68	1995	1960	2022	63	<b>0.39</b>
70024	9.8	<b>12.6</b>	1.23	1.31	1979	1960	2022	63	<b>0.43</b>
70031	0.5	3.2	1.01	1.07	1986	1960	2022	63	0.10
70033	0.6	2.3	1.01	1.05	2012	1960	2022	63	0.10
70037	0.0	3.1	1.00	1.06	2010	1960	2022	63	-0.03
70178	0.0	5.5	1.00	1.12	1978	1960	2022	63	0.03
70221	0.0	0.7	1.00	1.01	1990	1960	2022	63	0.00
70258	0.3	5.1	1.01	1.11	1970	1960	2022	63	-0.07
71036	0.0	1.7	1.00	1.04	1996	1960	2022	63	0.02
71170	5.1	8.9	1.11	1.20	1984	1960	2022	63	-0.31
71208	0.4	2.5	1.01	1.05	1996	1960	2022	63	0.09
71233	0.1	2.1	1.00	1.04	2000	1960	2022	63	0.04
71240	2.9	<b>12.3</b>	1.06	1.30	1970	1960	2022	63	-0.24
71247	1.9	2.4	1.04	1.05	1981	1960	2022	63	0.19
71256	4.2	<b>10.7</b>	1.09	1.25	1972	1960	2022	63	<b>0.29</b>
71262	0.3	2.7	1.01	1.06	1990	1960	2022	63	-0.08
75029	2.1	5.1	1.04	1.11	1997	1960	2022	63	0.20
75103	<b>21.3</b>	<b>27.1</b>	1.61	1.88	1997	1960	2022	63	<b>0.62</b>
75134	0.8	2.1	1.02	1.04	1999	1960	2022	63	-0.13

Анализируя данные таблицы 5.3 за октябрь, мы можем сказать, что из 20 рядов наблюдений на 5 станциях эффективны модели нестационарного среднего, установленные для разных показателей эффективности: для  $\Delta_{ст} \% > 10$  было получено 5 нестационарных моделей, для  $\Delta_{тр} \% > 10$  была получена 1 нестационарная модель стационарный и было установлено 4 случая статистически значимых коэффициентов  $R_{тр}$ .

Наиболее подробные оценки заключаются в следующем:

- На метеостанции Пуйо (70008) модель линейного тренда неэффективна, модель ступенчатого сдвига эффективна, и это

повышение температуры произошло в 1995. Коэффициент корреляции со временем также статистически значим. Статистическая значимость коэффициента  $R_{tr}$  также была получена путем моделирования ряда с 1960 года.

- В Кито (70024) модель линейного тренда неэффективна, а модель ступенчатого изменения имеет дельту более 10%, а также статистически значимый коэффициент корреляции с течением времени.
- На станциях Ибарра (71240), Карчи (71256) модель линейного тренда неэффективна, а модель ступенчатого сдвига эффективна при кратковременном повышении температуры; коэффициент корреляции со временем также статистически значим.
- В Куэнка (75103) эффективна модель линейного тренда и модель ступенчатого изменения с дельтой более 10%, а также статистически значимым коэффициентом корреляции с течением времени.

#### 5.4. Обобщение показателей нестационарности по территории.

Полученные в предыдущем в предыдущем исследовании показатели эффективности нестационарных моделей были представлены на карте и результаты в виде пространственных распределений даны на рис.5.5 – 5.7.

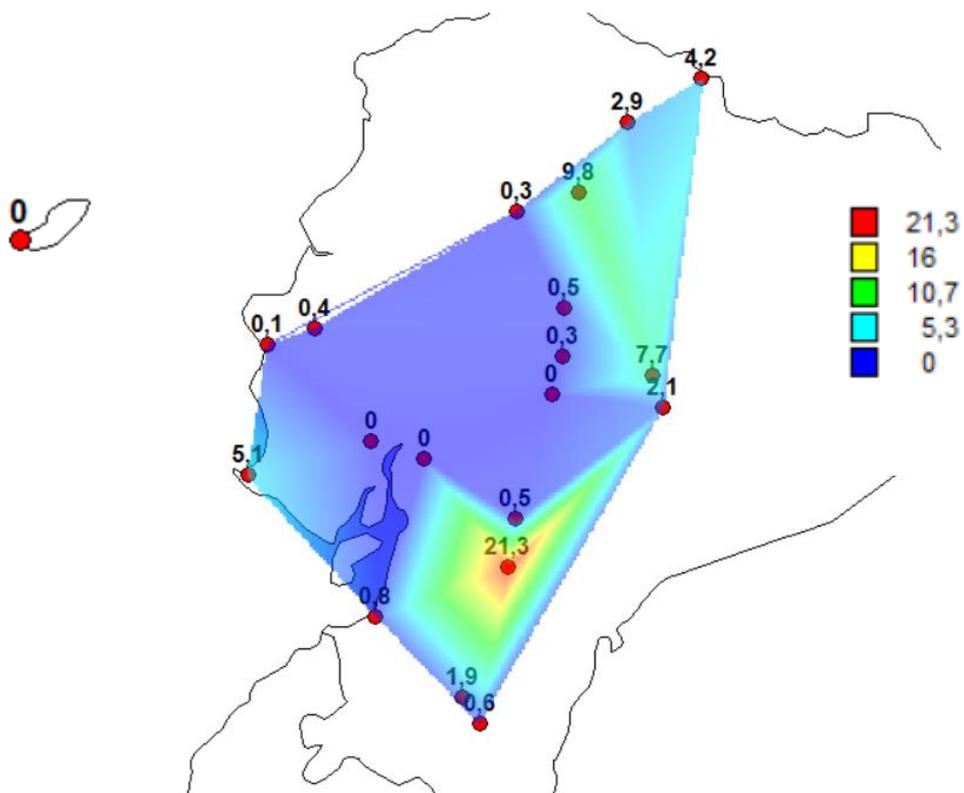


Рис.5.5. Распределение по территории показателей нестационарных моделей октябрь  $\Delta tr$ , % за весь период наблюдений.

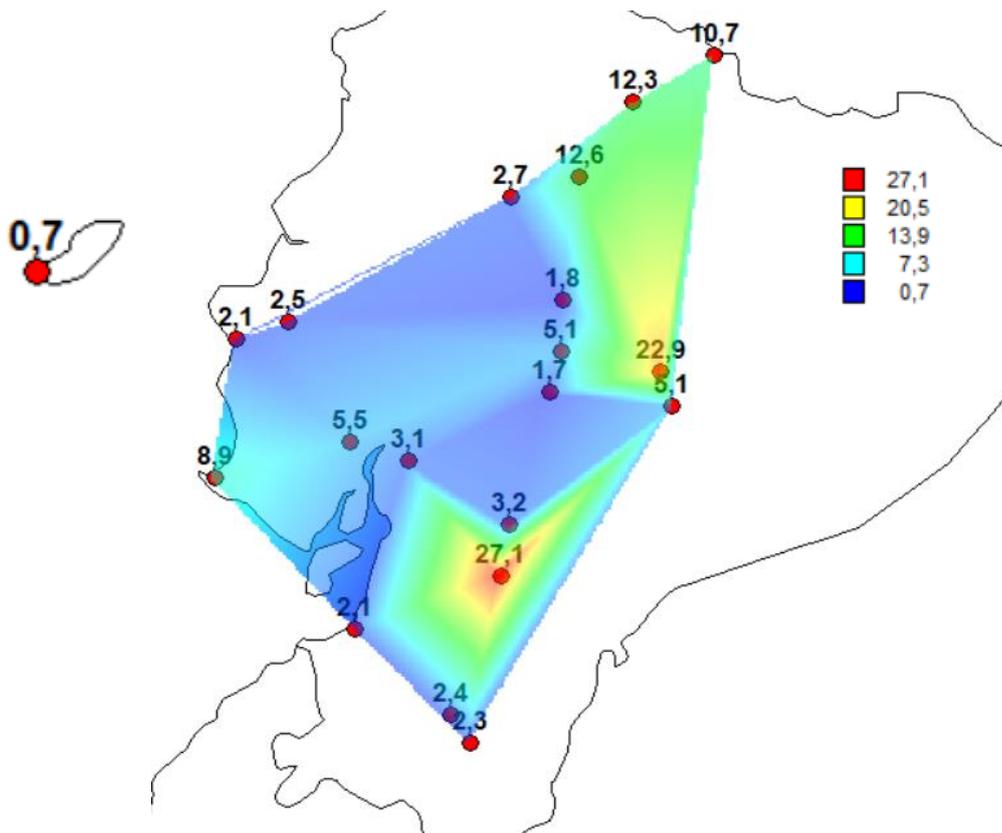


Рис.5.6. Распределение по территории показателей нестационарных моделей октябрь  $\Delta st$ , % за весь период наблюдений.

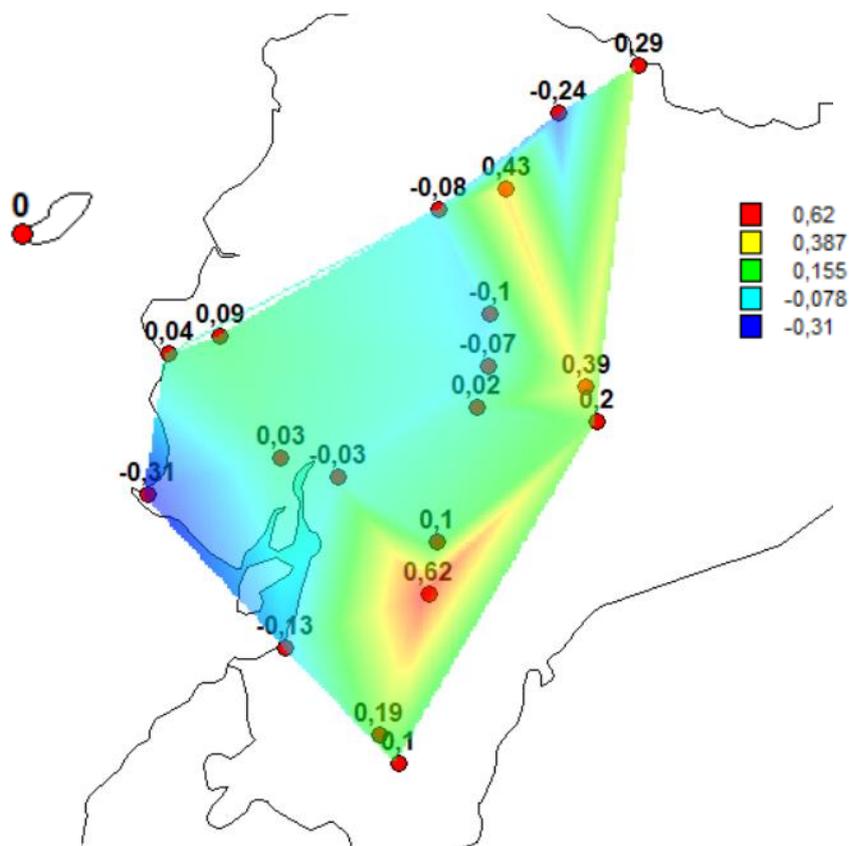


Рис.5.7. Распределение по территории показателей нестационарных моделей октябрь  $R_{tr}$  а весь период наблюдений.

В соответствии с рис.5.5 - 5.7 пространственные распределения показывают, что самые высокие показатели неустойчивости наблюдаются в южно-центральной части исследуемой области и представлены красной и желтой зонами на картах. Ряды, наиболее близкие к стационарным, находятся в северных регионах и небольшом регионе на северо-востоке и отмечены синим цветом.

#### 5.5. Количественная оценка изменения температур.

Для количественной оценки повышения средних октябрьских температур несколько наблюдений были разделены на две части, и были рассчитаны средние значения за два периода: с начала наблюдений, 1989 и 1990 годов, до конца наблюдений.

Таблица 5.4.

Показатели количественной оценки изменений температуры воздуха  
октябрь

Код	Наименование	T1	T2	$\Delta T = T2 - T1$	СКО	$K = \Delta T / \text{СКО}$
70004	Латакунга	13,02	12,93	-0,10	0,55	0,17
70008	Пуйо	21,43	22,05	0,62	0,60	1,04
70024	Кито	13,36	13,77	0,41	0,49	0,83
70031	Каньяр	11,87	12,02	0,15	0,41	0,35
70033	Лоха	16,49	16,54	0,05	0,63	0,07
70037	Милагро	24,20	24,22	0,02	0,53	0,03
70178	Гуаякиль	24,80	24,62	-0,18	0,74	0,24
70221	Сан-Кристоваль-Галапагос	21,86	22,15	0,29	1,21	0,24
70258	Амбато	14,06	13,99	-0,07	0,89	0,08
71036	Риобамба	13,85	13,83	-0,02	0,47	0,04
71170	Салинас	21,52	21,04	-0,48	0,75	0,63
71208	Портовьехо	24,82	24,91	0,08	0,61	0,13
71233	Манта	23,27	23,26	-0,01	0,51	0,02
71240	Ибарра	15,94	15,61	-0,33	0,81	0,40
71247	Катамайо	23,04	23,24	0,20	0,75	0,27
71256	Сан-Габриэль карчи	12,33	12,70	0,38	0,68	0,56
71262	Ла-Конкордия Ст. Доминго	23,73	23,49	-0,24	0,51	0,46
75029	Пастаза	20,70	20,90	0,21	0,71	0,29
75103	Куэнка	13,93	14,65	0,73	0,46	1,60
75134	Мачала	22,74	22,47	-0,27	0,84	0,32

Для оценки изменения климатических норм в относительных единицах, были произведены расчеты среднеквадратического отклонения (СКО) многолетних рядов температур воздуха, результаты которых также приведены в таблице 5.4. С помощью полученных значений были получены относительные показатели роста средних многолетних температур воздуха по отношению к среднеквадратическому отклонению.

Пространственные распределения разностей температур  $\Delta T$ , СКО и  $K = \Delta T / \text{СКО}$  приведены на рис.5.8 – 5.10.

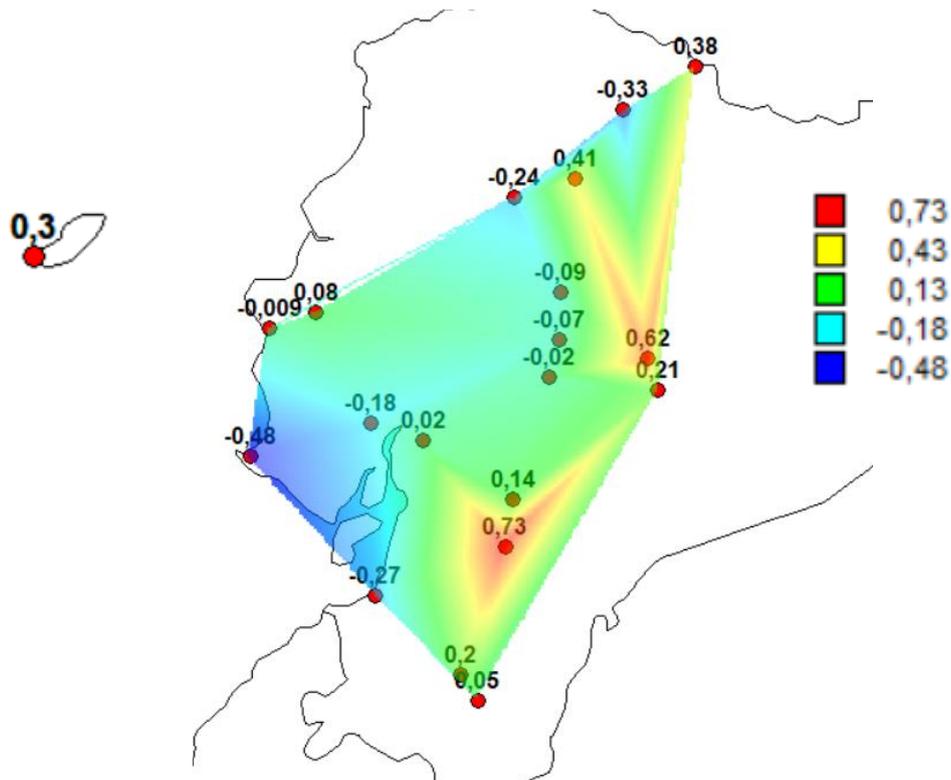


Рис.5.8. Пространственное распределение  $\Delta T$  в  $^{\circ}\text{C}$ .

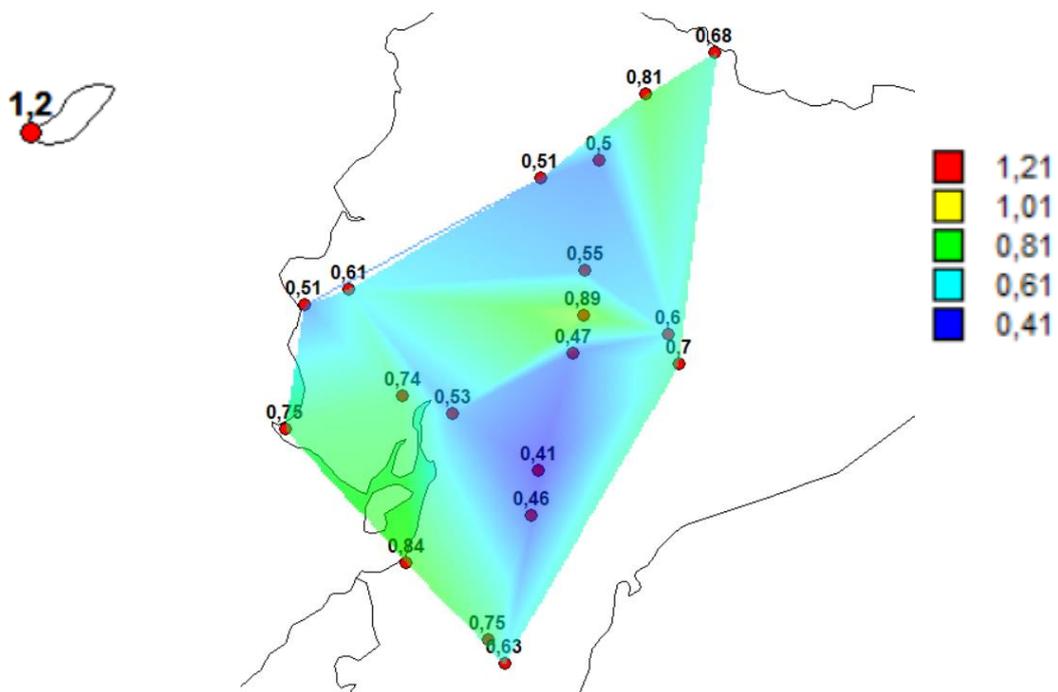


Рис.5.9. Пространственное распределение СКО

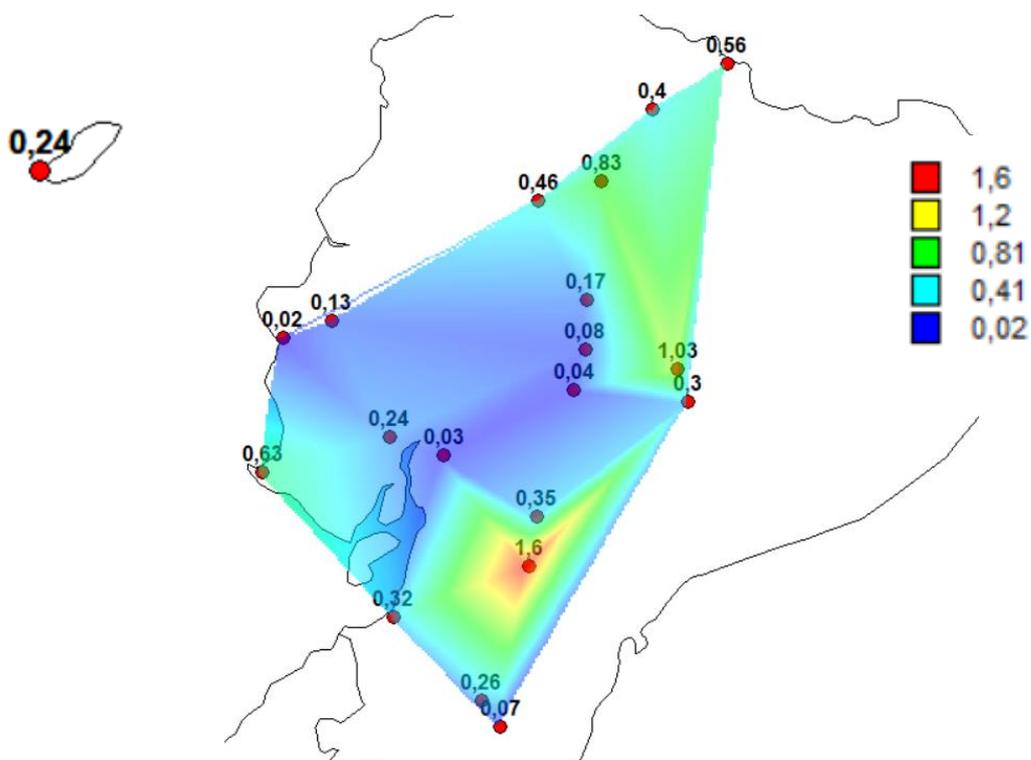


Рис.5.10. Пространственное распределение  $K = \Delta T / SKO$

Из рис. 5.8 следует, что наибольшие изменения средних температур, близкие  $1^\circ\text{C}$  имеют место в центре и на западе страны, там же где и значения  $K$  близкие к  $SKO$  (рис.5.9).

#### 5.6. Особенности климатических изменений на Галапагосских островах.

На метеостанции Сан-Кристоваль-Галапагос (код 70221), которая находится на высоте 6 м над уровнем моря, средняя многолетняя температура октября равна  $22^\circ\text{C}$ . Многолетний ряд наблюдений за температурой апреля приведен на рис.5.11.

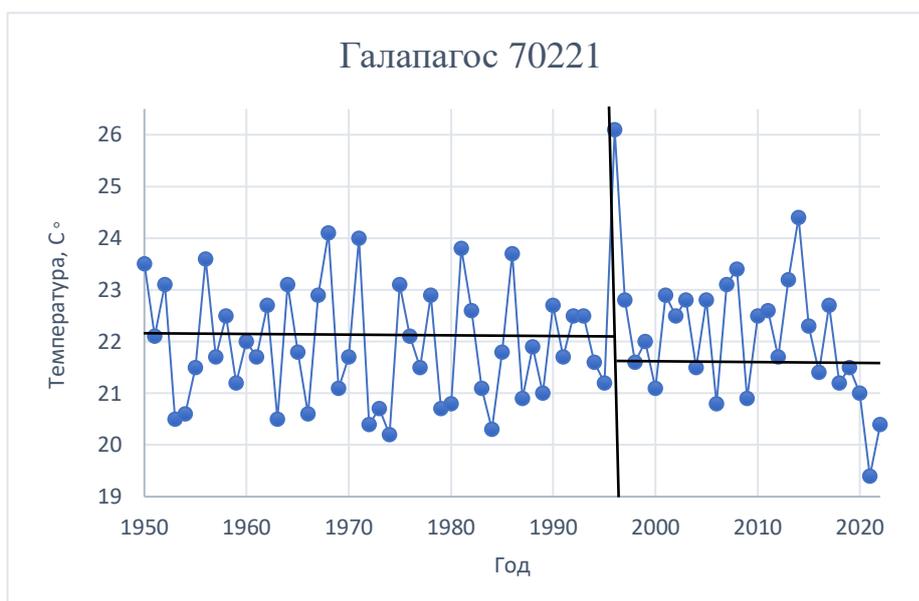


Рис.5.11. Многолетний ряд температуры октября на Галапагосских островах.

На рисунке 5.11 показано, что в конце 1990-х годов температура снизилась, что может быть связано с изменением климата и колебаниями на юге и в Эль-Ниньо, поскольку температура поверхности моря повышается к побережью и понижается к югу. Однако рассчитанные показатели эффективности нестационарных моделей трендов показывают, что это изменение не так статистически значимо.

Таблица 5.5.

Результаты расчета характеристик нестационарных моделей среднемесячных температур октября для метеостанции Сан-Кристоваль-Галапагос (верхняя строка – для всего периода наблюдений, нижняя – с 1960 г.)

код	$\Delta_{тр}, \%$	$\Delta_{ст}, \%$	$F_{тр}$	$F_{ст}$	$T_{ст}$	$T_{нач}$	$T_{к}$	$n$	$R_{тр}$
70221	0.0	0.5	1.00	1.01	1990	1950	2022	73	-0.01
	0.0	0.7	1.00	1.01	1990	1960	2022	63	0.00

## Заключение

В результате проведенного детального анализа данных, собранных с 20 метеорологических станций в Эквадоре с 1930/1950 по 2022 год, получены явные доказательства того, что изменение климата оказывает значительное и заметное влияние на прибрежные районы страны, и практически не оказывает влияние на андскую горную зону, за исключением станции Катамайо. Это можно объяснить тем, что климат оказывает значительное и заметное влияние на прибрежные районы и район сьерра, но из-за своего географического положения его климат теплый, поэтому перепады температур в этой области усиливаются.

Благодаря построенным графикам многолетних рядов и их последующему анализу априори были выявлены закономерности изменчивости климата, которые указывают на постепенное изменение климата в этом регионе. Одним из основных результатов этого исследования является постоянное повышение средних температур на протяжении десятилетий. Графики показывают тенденцию к росту со значительным увеличением средней температуры. Это постепенное потепление имеет последствия для здоровья прибрежных экосистем, а также для зависящей от них деятельности человека, такой как рыболовство, туризм и сельское хозяйство.

Помимо повышения температуры, в прибрежных районах Эквадора и в бассейне Амазонки наблюдается увеличение частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений. Эти экстремальные явления оказывают разрушительное воздействие на местные сообщества, инфраструктуру и природные ресурсы, усугубляя уязвимость населения прибрежных районов и/или их способность адаптироваться к изменению климата.

В заключение, данные, проанализированные с 20 метеорологических станций в Эквадоре, дают убедительные доказательства того, что изменение климата наиболее заметно влияет на прибрежные районы страны. Эти

результаты подтверждают настоятельную необходимость принятия конкретных мер по смягчению последствий изменения климата в этом регионе. Необходимы скоординированные действия, включающие стратегии адаптации, сокращения выбросов и поощрения устойчивых методов защиты прибрежных экосистем, тропических лесов Амазонки и зависящих от них сообществ. Проведенное исследование подчеркивает важность решения проблемы изменения климата как глобальной проблемы, требующей сотрудничества различных заинтересованных сторон, включая правительства, международные организации, местные сообщества и общество в целом. Только благодаря комплексному и коллективному подходу мы можем гарантировать устойчивое будущее для будущих поколений, тем самым защищая бесценное биоразнообразие и уникальные экосистемы, присутствующие в прибрежных районах Эквадора.

Основные выводы работы состоят в следующем.

- 1) Сформирован архив многолетних рядов среднемесячных температур воздуха по 20 метеостанциям с 1950 (1930) по 2022 гг.
- 2) Построены карты пространственных распределений средних многолетних температур и СКО во все сезоны года из которых следует, что изменения составляют от 10-11°C в Андах до 25-27°C на побережье. СКО наибольшие на побережье, где они превышают 1°C.
- 3) Установлены эффективные региональные зависимости между температурой и высотой метеостанции для каждого сезона года.
- 4) Изменения средних многолетних температур на станциях разное и варьирует от -0,5 - -0,6°C до +0,7 - +0,9°C. Причем весной температура только растет, также как и летом за исключением отдельных локальных понижений температуры, а осенью в основном уменьшается, а рост имеет место только в Амазонии, зимой наибольший рост (до +0,9°C) имеет место на побережье.

- 5) Превышение изменений по отношению к естественной изменчивости (СКО) имеет место только в Андах и в Амазонии (весной и летом).
- 6) На Галапагосских островах температура выросла во все сезоны года от + 0,3°C весной и осенью до до +0.5 - +0,6°C зимой и летом.

#### Список использованных источников

1. Лобанов В.А., Методические указания «Оценка современных региональных изменений климатических характеристик». – СПб.: Изд. РГГМУ, 2018. – 91 с.
2. Лобанов В.А., Смирнов И.А., Шадурский А.Е.. Практикум по климатологии. Часть I. Учебное пособие. - СПб.: РГГМУ, 2011. - 145 с.

3. Лобанов В.А., Смирнов И.А., Шадурский А.Е. Практикум по климатологии. Часть 2. Учебное пособие. – СПб.: изд. РГГМУ, 2012 – 180 с.
4. (PDF) Tendencias en la variabilidad de la temperatura superficial del mar en la costa de Ecuador (researchgate.net)- интернет страница
5. Национальный институт метеорологии и гидрологии - INAMHI Эквадора.
6. MapInfo Professional. Руководство пользователя (полное). – MapInfo Corporation, Troy, New York, 2003.
7. Detalles climáticos en Ecuador (datosmundial.com)- интернет страница