



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

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

Кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Оценка климатического изменения температуры воды центральной
части Атлантического и Индийского океанов»

Исполнитель: Мвиманзи Принс ГМ-Б17-1

Руководитель доктор технических наук, профессор кафедры МКОА
Лобанов Владимир Алексеевич

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


Подпись

Кандидат физико-математических наук, доцент
Сероухова Ольга Станиславовна

« 30 »  2021 г.

Санкт-Петербург
2021

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. Физико-географическое описание.....	5
1.1.Общая характеристика Атлантического океана.....	5
1.2.Свойства вод Атлантического океана	6
1.3 Общая характеристика Индийского океана	8
1.4. Свойства вод Индийского океана.....	9
1.5.Внутригодовой ход температуры Атлантического и Индийского океанов.	11
Глава 2. Формирование региональной базы данных многолетних рядов климатических характеристик	14
2.1. Выбор информации из стандартных архивов климатических данных	14
2.2. Расположение пунктов наблюдений.	16
Глава 3. Оценка климатических изменений ТПО теплого сезона	17
3.1. Климатические изменения ТПО февраля.....	17
3.2. Климатические изменения ТПО марта	29
Глава 4. Оценка климатических изменений холодного сезона	41
4.1. Климатические изменения ТПО августа.....	41
4.2. Климатические изменения ТПО сентября	54
4.3. Климатические изменения ТПО октября.....	66
4.4. Климатические изменения ТПО ноября.....	77
Заключение.....	90
Список использованной литературы.....	92

ВВЕДЕНИЕ

Тенденции температуры океана, усредненные по глубине от 0 до 700 м, с 1971 по 2010 г. являются положительными на большей части Земного шара. Потепление более заметно в Северном полушарии, особенно в Северной Атлантике. Этот результат представлен в различных видах анализа, при использовании разных периодов времени, корректировок лет смещения и источников данных.

Однако, чем больше объем океанов Южного полушария, тем больше вклад их потепления в глобальное теплосодержание. Зонально усредненные тренды температуры океана показывают потепление почти на всех широтах и глубинах. Максимум потепления Южного полушария наблюдается на широте 30° ю.ш., но оно не такое большое, как показано в других исследованиях. Так, например, в работе [Gille 2008] говорится, что на этих широтах очень мало данных наблюдений и поэтому полученные широтные аномалии могут быть объяснены и погрешностями пространственной интерполяции при распространении общего потепления в верхних слоях до 1000 м. Южный океан из-за естественной изменчивости нагревался даже больше в период между 1930-ми и 1970-ми годами, чем между 1970-ми и 1990-ми годами. Еще один широтный максимум потепления обнаружен между 25° и 65° с.ш. Оба эти сигнала потепления простираются до глубины 700м и имеют направление к полюсу.

Смещение поля температуры поверхности океана (ТПО), полученное при осреднении по кругам широты, приводит к тому, что все остальные повышения и понижения температур на других глубинах также смещаются к полюсу. Например, охлаждение на глубине между 30° ю.ш. и экватором

соответствует смещению на юг и наличию более прохладной воды около экватора.

Глобально усредненные аномалии температуры океана в зависимости от глубины и времени относительно среднего значения за 1971–2010 годы свидетельствуют о потеплении на всех глубинах в верхних 700м относительно данного 40-летнего периода. Наиболее сильное потепление наблюдается ближе всего к поверхности моря и тенденции у поверхности согласуются с независимыми измерениями ТПМ. Среднее глобальное потепление за этот период имеет скорость 0,11 [0,09–0,13] °C за десятилетие в верхних 75 м и снижается до 0,015 °C за десятилетие на 700м.

Сравнение данных Арго с данными экспедиции Челленджер 1870-х годов показывает, что потепление началось раньше, чем в 1971 году и также было больше в Атлантике, чем в Тихом океане за такой более длительный интервал времени. Анализ наблюдаемой температуры в верхних 400м мирового океана, начиная с 1900 года обнаруживает потепление примерно между 1900 и 1945 годами, а также после 1970 года с некоторым небольшим похолоданием между 1945 и 1970 годами.

Глобально усредненная разница температур между поверхностью океана и 200 м увеличилась примерно на 0,25 °C с 1971 по 2010 гг. Это изменение, которое соответствует увеличению стратификации плотности на 4%, широко распространено во всех океанах к северу от примерно 40° ю.ш.

Потенциально важным воздействием потепления океана является воздействие на морской лед, плавающий лед и динамику ледникового покрова. Хотя некоторые из глобальных наблюдений и не подтверждают изменения ТПО к полюсу на $\pm 60^\circ$ или $\pm 65^\circ$ широты, по крайней мере, некоторые части Арктики потеплели: в Северном Ледовитом океане подповерхностные поступления относительно теплой воды атлантического

происхождения можно проследить вокруг Евразийского бассейна, а анализ данных за 1950–2010 гг. показывает потепление этой водной массы за десятилетия с конца 1970-х годов, а также обмеление на глубинах 75–90 м. Поверхностные воды Арктики также потеплели по крайней мере в Канадском бассейне с 1993 по 2007 год.

Цель настоящей работы – оценить климатические изменения ТПО в акваториях Атлантического и Индийского океанов около берегов Южной Африки примерно от экватора до южной оконечности Африканского континента. Предполагается, что рост ТПО, особенно в холодный период года, может привести к росту испарения с поверхности океана и тем самым к росту влагосодержания воздуха и потенциально к росту осадков. Это важно для Южной Африки, т.к. в основном на этой территории наблюдается дефицит осадков из-за холодного Бенгальского течения в Атлантическом океане и влиянием холодного Сомалийского течения в Индийском океане.

Глава 1. Физико-географическое описание

1.1. Общая характеристика Атлантического океана

Географическое положение

Атлантический океан занимает второе место по величине после Тихого океана. Площадь Атлантического океана составляет 91,7 млн км². Океан вытянут в меридиональном направлении на 16 тыс. км, а его средняя ширина составляет около 4 тыс. км. Западная и восточная границы океана проходят по берегам Северной и Южной Америки, Африки и Евразии, а северная условная граница — по Исландско-Фарерскому порогу. Большая часть

Атлантического океана расположена в Западном полушарии. В Северном полушарии береговая линия океана сильно расчленена многочисленными полуостровами и заливами, здесь также присутствует большое количество островов, внутренних и окраинных морей. В состав Атлантического океана входят 13 морей, занимающих 11 % его площади.

1.2. Свойства вод Атлантического океана

Климат. Большая часть акватории Атлантического океана лежит в областях экваториального, субэкваториального, тропического и субтропического климата, где круглый год наблюдаются положительные температуры воздуха. Средняя температура поверхностных вод имеет меньшие величины, чем в Тихом океане, и составляет 16,5°C.

Северная и южная части акватории Атлантического океана находятся в умеренном климатическом поясе Северного и Южного полушарий.

Солёность вод Атлантического океана в целом выше средней по Мировому океану, поэтому он считается самым солёным из отдельных океанов. Наибольшие показатели солёности наблюдаются в тропических широтах, где выпадает мало осадков и очень существенно испарение (рис.1.1.1).

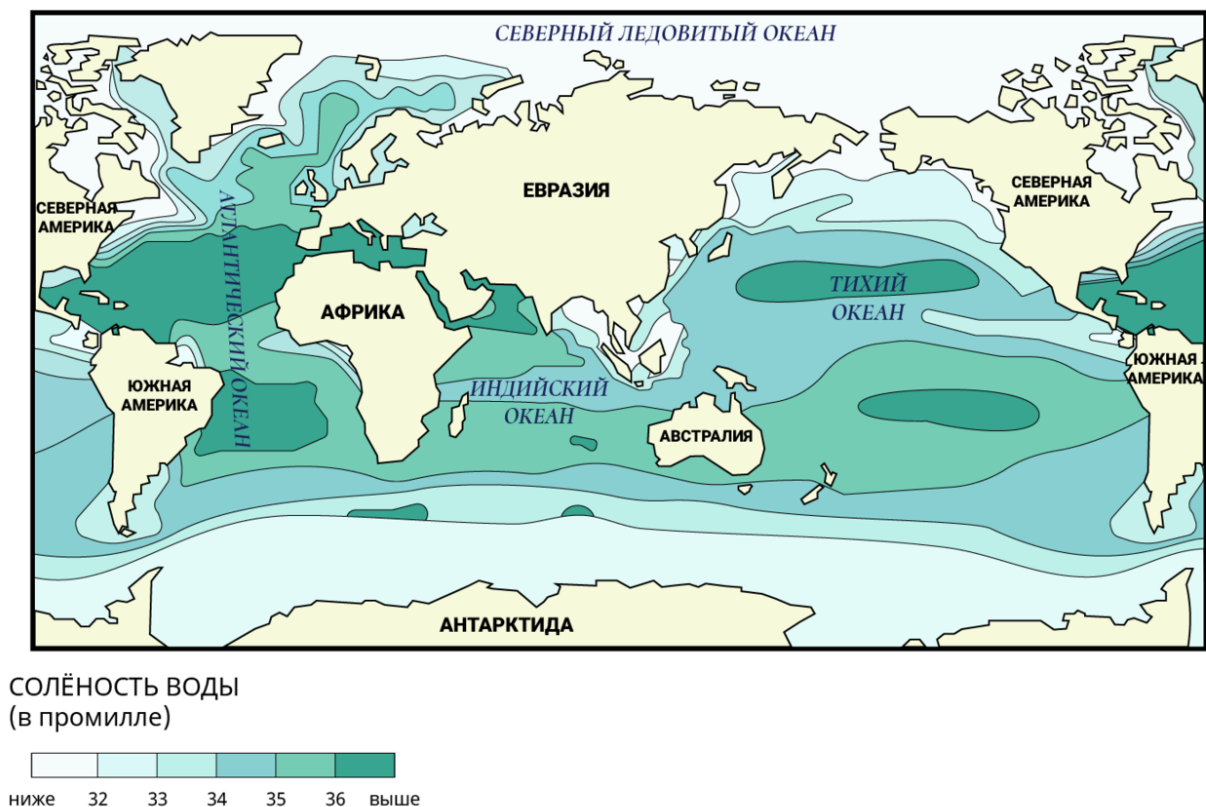


Рисунок .1.2.1. Свойства вод Атлантического океана

Течения. В океане образуется два кольца поверхностных течений. В Северном полушарии — Северное-пассатное, Гольфстрим, Северо-Атлантическое и Канарское течения движутся по часовой стрелке, в Южном полушарии — Южное-пассатное, Бразильское, течение Западных ветров и Бенгельское течения движутся против часовой стрелки (рис.1.2.2).

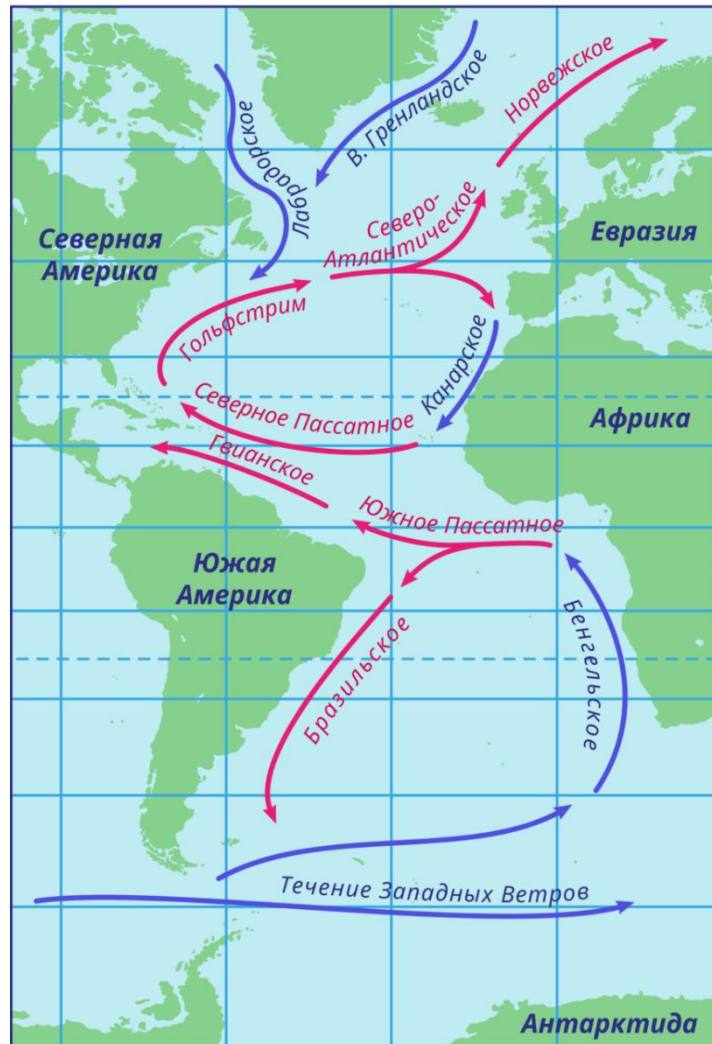


Рисунок .1.2.2. Течения в Атлантическом океане

1.3 Общая характеристика Индийского океана

Географическое положение

Индийский океан занимает третье место по площади (76,17 млн км²) и покрывает около 20% водной поверхности Земли. Он целиком расположен в Восточном полушарии и большая его часть находится южнее экватора, т. е. в Южном полушарии. Границы Индийского океана в основном проходят по

берегам трех материков — Африки, Евразии и Австралии. Условная граница между Индийским и Атлантическим океанами проводится по 20-му меридиану, который проходит от мыса Игольный к берегу Антарктиды, а граница с Тихим океаном — по 147-му меридиану, соединяющему Тасманию с Антарктидой.

Береговая линия Индийского океана расчленена слабо. В акватории океана есть лишь одно внутреннее Красное море и окраинные Аравийское море, Бенгальский и Австралийский заливы, сопоставимые по площади с большими морями. В океане есть острова материкового происхождения — Мадагаскар и Шри-Ланка. Некоторые острова являются вершинами подводных вулканов, например Кергелен, Реюньон, Маврикий. В экваториально-тропических широтах океана много коралловых островов, например Мальдивские, Лаккадивские, Кокосовые, Андаманские.

1.4. Свойства вод Индийского океана

Климат. Температурный режим Индийского океана имеет некоторые особенности. В северной части акватории наблюдаются два сезона года: тёплая, сухая солнечная зима и жаркое, облачное, дождливое, штормовое лето. Такая сезонность зависит от действия муссонов. Высокая температура характерна для морей, окружённых жаркими пустынями, например в Красном море — до 34 °С, в Персидском заливе — до 35,6 °С.

Средняя температура поверхностных вод Индийского океана ниже, чем в Тихом океане и составляет +17°С. Более низкая температура связана с сильным охлаждающим влиянием антарктических вод. Северная часть

океана самая тёплая, так как она хорошо прогревается и лишена притока холодных вод.

Значительное количество осадков выпадает в экваториальном поясе — до 3000 мм в год. Меньше всего осадков наблюдается у берегов Аравийского полуострова, на побережье Красного моря и Персидского залива, и на западном побережье Австралии.

Течения. Течения в Индийском океане имеют особенный характер. Муссоны оказывают наибольшее влияние на течения северной части Индийского океана. Ветер меняет направление движения поверхностных вод по сезонам года. Северная часть Индийского океана — единственный район Мирового океана со столь чёткой сезонной сменой течений (рис.1.4.1).

Схема течений в южной части океана относительно постоянна. В этой акватории океана проходит самое мощное течение нашей планеты — Течение Западных ветров. Скорость течения зависит от силы ветра и изменяется по сезонам. Максимальная скорость течения (20–30 миль/сутки) наблюдается вблизи острова Кергелен.

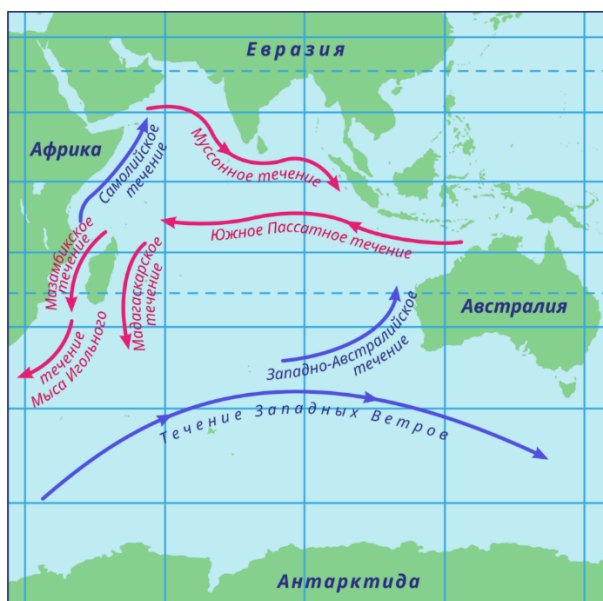


Рисунок 1.4.1. Течение в Индийском океане

1.5. Внутригодовой ход температуры Атлантического и Индийского океанов

На рис.1.5.1. приведены графики сезонного изменения температуры воды в Луанде, Ангола (Атлантический океан)

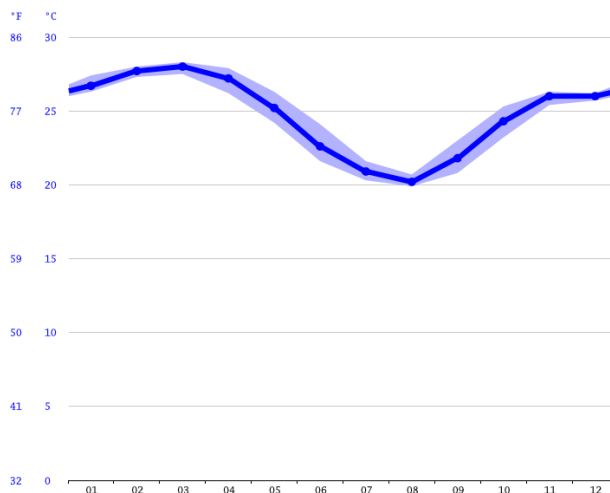


Рисунок .1.5.1. Годовой ход температуры воды в Луанде

Годовая температура воды в Луанде (Атлантический океан) в среднем 24.7°C . максимум температуры воды 28°C наблюдается в марте, а минимум равный 19.90°C имеет место в августе.

Самая высокая средняя температура воды для этой точки океана составляет 28.30°C и достигается в среднем около 20 марта. В отличие от этого, самая низкая средняя температура воды равна 19°C и наблюдается в августе.

На рис.1.5.2 приведен внутригодовой ход ТПО в Кейптауне, Южная Африка (Атлантический океан).

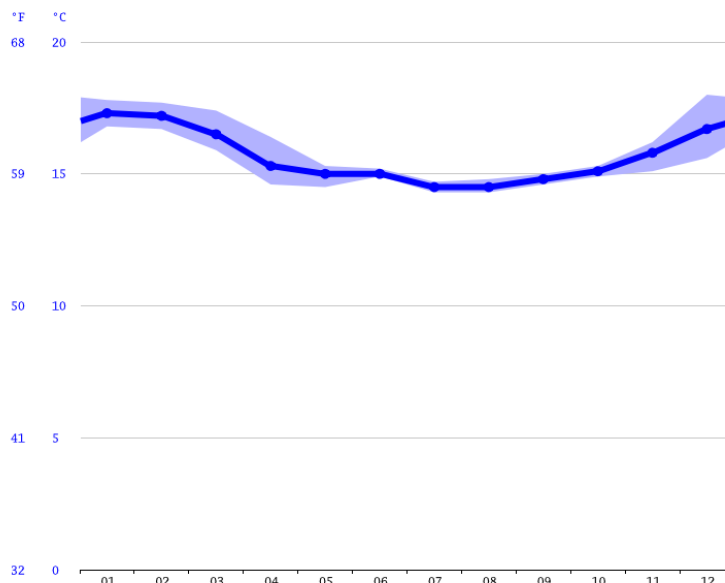


Рисунок .1.5.2. Годовой ход температуры воды в Кейптауне

Температура воды в Кейптауне (Атлантический океан) составляет в среднем за год примерно 15°C. Максимум ТПО равный примерно 18°C наблюдается в декабре, а минимум в 14°C имеет место в июле.

Сезонное изменение температуры воды в Дар-эс-саламе, Танзания (Индийский океан) показано на рис.1.5.3.

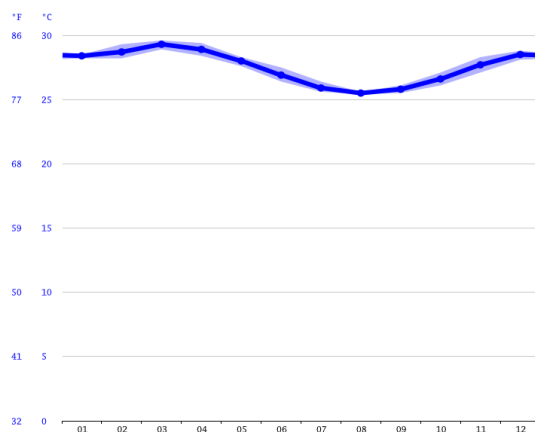


Рисунок .1.5.3. Годовой ход температуры воды в Дар-эс-Саламе

Температура воды в Дар-эс-Саламе (Индийский океан) составляет в среднем за год примерно 27°C. Максимум ТПО равный примерно 29°C наблюдается в марте, а минимум в 25°C имеет место в августе.

Сезонное изменение температуры воды в Порт-Элизабет, ЮАР (Индийский океан) показано на рис.1.5.4.

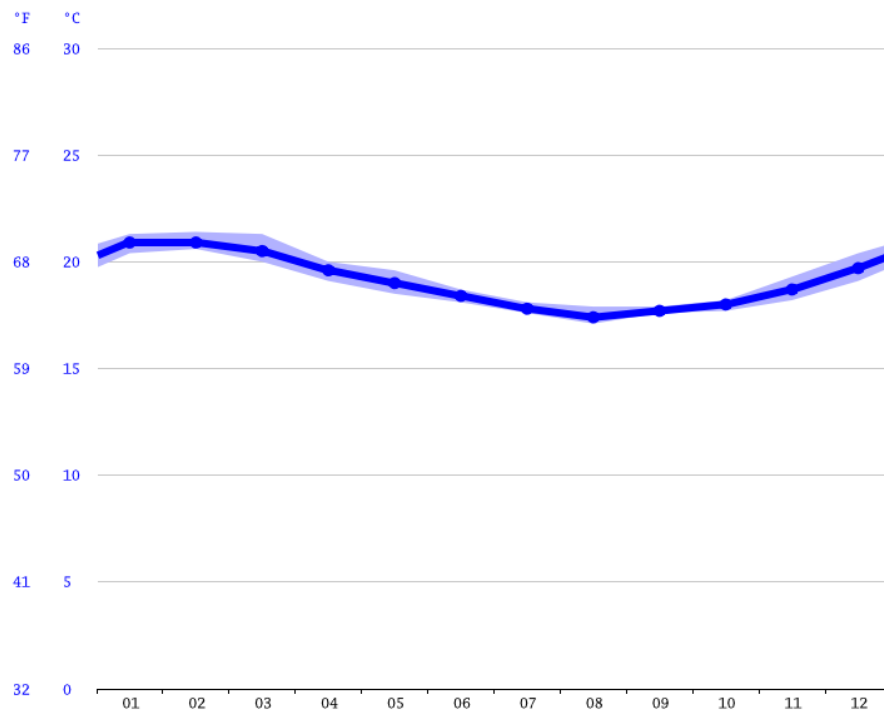


Рисунок .1.5.4. Годовой ход температуры воды в Порт-Элизабет.

Температура воды в Порт-Элизабет (Индийский океан) составляет в среднем за год примерно 19°C . Максимум ТПО равный примерно 21°C наблюдается в феврале, а минимум в 17°C имеет место в августе.

Таким образом, среднегодовая ТПО рассматриваемой части Атлантического океана изменяется от 25°C у экватора до 15°C на юге, а рассматриваемой части Индийского океана 27°C у экватора до 19°C на юге, т.е. пространственный градиент составляет $8\text{-}10^{\circ}\text{C}$.

Глава 2. Формирование региональной базы данных многолетних рядов климатических характеристик.

2.1. Выбор информации из стандартных архивов климатических данных

Для данного исследования были выбраны 32 узла регулярной сетки от экватора до южной оконечности Африканского континента. Была сформирована база данных среднемесячных температур океана в узлах

регулярной сетки 5°x5° из данных реанализа на сайте NOAA лаборатории исследования Земли, отделение физических наук, координаты точек которой приведены в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1.

Координаты узлов регулярной сетки с многолетними рядами ТПО

Код	Точка	Широта	Долгота	Код	Точка	Широта	Долгота
10001	Station 1	40.7	-19.4	10017	Station 17	5.7	0.2
10002	Station 2	42.2	-7.4	10018	Station 18	4.7	-5.4
10003	Station 3	41.1	-12.5	10019	Station 19	5.9	-10.4
10004	Station 4	40.9	-16.4	10020	Station 20	5.7	-15.4
10005	Station 5	35.4	-20.9	10021	Station 21	6.1	-20.4
10006	Station 6	35.3	-25.3	10022	Station 22	8.4	-25.5
10007	Station 7	31.6	-29.9	10023	Station 23	9	-30.4
10008	Station 8	26.1	-34.6	10024	Station 24	13.1	-35.7
10009	Station 9	17.6	-34.4	10025	station 25	47.4	-7.3
10010	Station 10	16.9	-30.3	10026	station 26	48	-12.5
10011	Station 11	14.6	-25.7	10027	station 27	44	-16
10012	Station 12	12.9	-20.4	10028	station 28	43.3	-23.5
10013	Station 13	11.3	-15.5	10029	station 29	40.6	-27.1
10014	Station 14	13.2	-10.9	10030	station 30	36.7	-32.4
10015	Station 15	11.9	-5.8	10031	station 31	31.5	-36.5
10016	Station 16	9	0.8	10032	station 32	28	-36.8

Ряды среднемесячных ТПО были непрерывны и имели продолжительность с 1950 г. по 2019 г.

2.2. Расположение пунктов наблюдений

Расположение узлов сетки по акваториям Атлантического и Индийского океанов, которые использовались в этой работе, показано на карте рис.2.2.1.

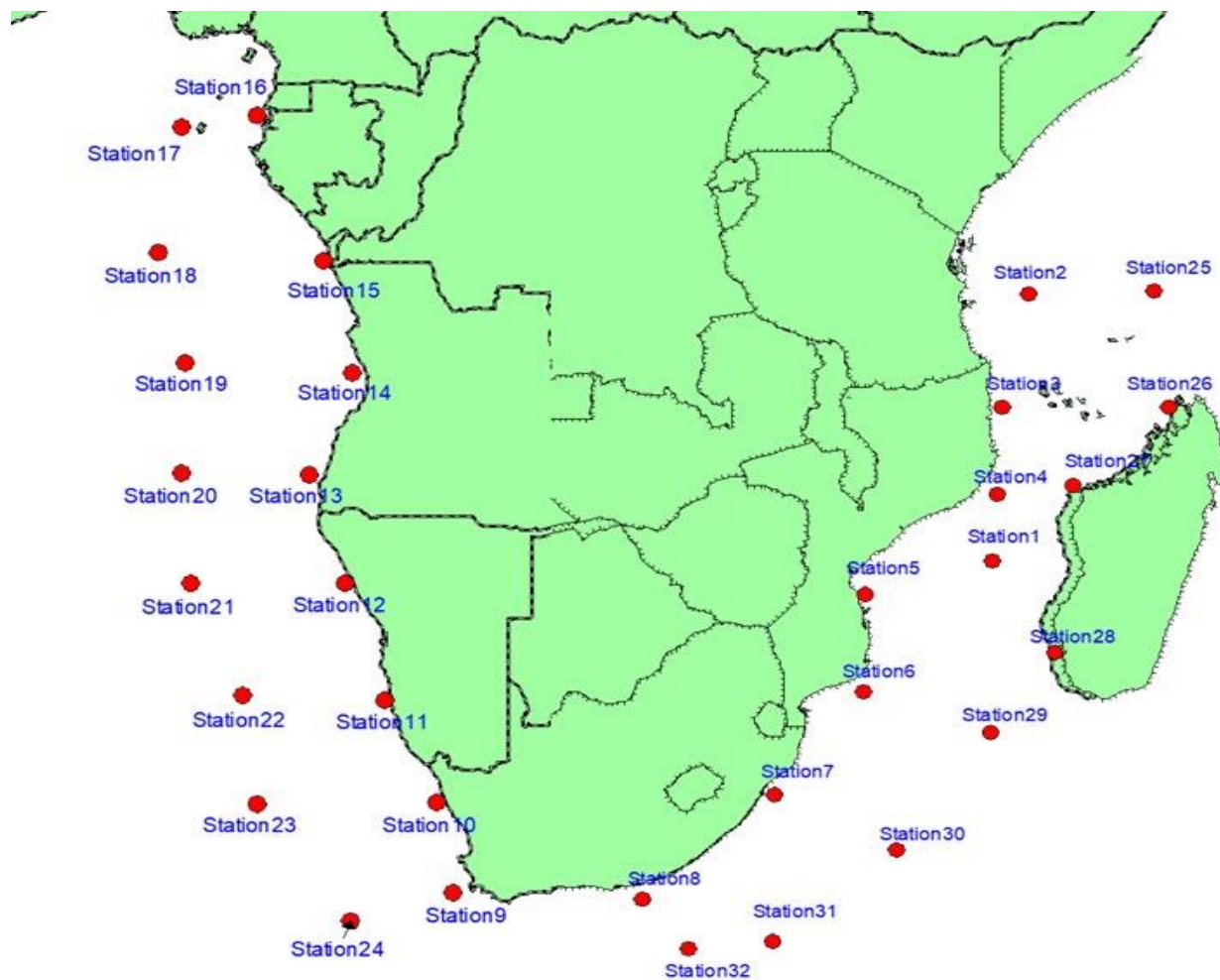


Рисунок 2.2.1. Схема расположения выбранные узлы сетки Атлантического и Индийского океанов

Глава 3. Оценка климатических изменений ТПО теплого сезона

3.1. Климатические изменения ТПО февраля

Результаты аппроксимации временных рядов ТПО февраля моделями нестационарного среднего (линейный тренд и ступенчатые изменения от одного стационарного режима к другому) в виде показателей нестационарности этих моделей приведены в табл. 3.1.1. Аппроксимация осуществлялась для трех вариантов начального года: за весь период (с 1950г.) , с началом ряда в 1960 г. и с началом ряда в 1970 г. В табл.3.1.1 даны следующие обозначения: $\Delta T, \%$, $\Delta C_T, \%$ - относительные отклонения (в %) стандартов остатков модели линейного тренда и модели ступенчатых изменений от СКО временного ряда (стандарт остатков модели стационарного среднего), R_{tr} – коэффициент корреляции ТПО со временем или коэффициент корреляции модели линейного тренда, T_{st} – год перехода от одного стационарного среднего к другому для модели ступенчатых изменений.

Таблица 3.1.1

Показатели нестационарных моделей ТПО февраля.

		$\Delta T, \%$	$\Delta C_T, \%$	R_{tr}	T_{st}
Station 1	Весь период	11.7	9.6	0.47	2002
	1960	7.3	8.9	0.37	2009
	1970	9.4	10.1	0.42	2009
Station 2	Весь период	16	13.2	0.54	2009
	1960	11.3	12.9	0.46	2009
	1970	11.1	12.9	0.46	2009
Station 3	Весь период	19.3	15.1	0.59	2009

	1960	13.7	15.2	0.51	2009
	1970	13.8	15.6	0.51	2009
Station 4	Весь период	11.7	9.5	0.47	2002
	1960	7.2	8.8	0.37	2009
	1970	9.3	10	0.42	2009
Station 5	Весь период	12.3	11.4	0.48	1977
	1960	7.8	7.9	0.39	1977
	1970	7.5	6.4	0.38	1980
Station 6	Весь период	16.6	13.6	0.55	1973
	1960	9.7	9.3	0.43	1990
	1970	9	8.9	0.41	1990
Station7	Весь период	22.6	19.9	0.63	1977
	1960	15.9	14.8	0.54	1991
	1970	14.8	13.8	0.52	1991
Station 8	Весь период	31.2	28.2	0.73	1991
	1960	27.1	25.8	0.68	1991
	1970	21.2	22.4	0.62	1991
Station 9	Весь период	27.1	26.3	0.68	1988
	1960	27.1	26.8	0.68	1988
	1970	26.2	24.3	0.67	1988
Station 10	Весь период	27.1	27.4	0.68	1988
	1960	26.8	28	0.68	1988
	1970	25.4	25.7	0.67	1992
Station 11	Весь период	11.8	11	0.47	1988
	1960	9.3	11	0.42	1988
	1970	10.1	11	0.44	1988

Station 12	Весь период	9.6	11.1	0.43	1988
	1960	8.9	11.9	0.41	1988
	1970	8.6	11.1	0.41	1988
Station 13	Весь период	21.7	22.1	0.62	1984
	1960	22.8	21.9	0.64	1984
	1970	18.6	17.2	0.58	1995
Station 14	Весь период	13	14.3	0.49	1995
	1960	12	14.3	0.48	1995
	1970	10.2	12.4	0.44	1995
Station 15	Весь период	22.9	21.1	0.64	1995
	1960	18.9	20.6	0.58	1995
	1970	17.4	18.2	0.56	1995
Station 16	Весь период	26.3	20.5	0.68	1995
	1960	16.9	19.6	0.56	1995
	1970	21.4	20.3	0.62	1995
Station 17	Весь период	26.3	20.5	0.68	1995
	1960	16.9	19.6	0.56	1995
	1970	21.4	20.3	0.62	1995
Station 18	Весь период	19.7	16.9	0.6	1963
	1960	11.2	11.8	0.46	1983
	1970	11	11.8	0.46	1983
Station 19	Весь период	12.6	13.7	0.49	1983
	1960	9.8	12.8	0.43	1983
	1970	7.6	11.3	0.38	1983
Station 20	Весь период	10	12.1	0.44	1984
	1960	8.6	12	0.41	1984

	1970	6.2	10	0.35	1984
Station 21	Весь период	9.7	9.1	0.43	1984
	1960	6.5	7.7	0.35	1984
	1970	6	7.2	0.34	1984
Station 22	Весь период	9.6	7.9	0.43	1986
	1960	6.7	6.5	0.36	1986
	1970	6.3	5.8	0.35	1986
Station 23	Весь период	11.8	11.2	0.47	1986
	1960	10.9	12.2	0.45	2005
	1970	13	13.1	0.49	2005
Station 24	Весь период	16.4	17.7	0.55	1989
	1960	13.9	16.4	0.51	1989
	1970	16.9	17.9	0.56	1989
Station 25	Весь период	18.9	17.1	0.59	1987
	1960	15.2	14.3	0.53	1988
	1970	13.9	11.9	0.51	1988
Station 26	Весь период	26.2	19.6	0.67	2003
	1960	21	18.7	0.61	2003
	1970	20.7	17.3	0.61	2003
Station 27	Весь период	11.5	9.4	0.47	2002
	1960	7.2	8.6	0.37	2009
	1970	9	9.7	0.42	2009
Station 28	Весь период	11.8	9.6	0.47	1977
	1960	7.9	7.8	0.39	1998
	1970	9.6	8.5	0.43	1998
Station 29	Весь период	12.3	10.8	0.48	1966

	1960	5.8	7.1	0.34	1991
	1970	5.5	7.6	0.33	1991
Station 30	Весь период	20.9	20.5	0.61	1990
	1960	13.7	17.1	0.51	1991
	1970	8.8	15.2	0.41	1991
Station 31	Весь период	30.2	33.9	0.72	1984
	1960	25.4	30	0.67	1989
	1970	13.3	24.5	0.5	1989
Station 32	Весь период	30.6	32.8	0.72	1984
	1960	28.8	30.6	0.7	1984
	1970	16.8	25.4	0.56	1989
Среднее		14.1	15.3	0.5	

В таблице 3.1.1 ярким шрифтом выделены случаи эффективных нестационарных моделей (ΔTr или $\Delta ст \geq 10\%$) и статистически значимых коэффициентов корреляции уравнения линейного тренда R_{Tr} . Как следует из результатов, из 32 рядов модель линейного эффективна в 19 случаях, а коэффициенты корреляции уравнения тренда со временем статистически значимы для всех 32 рядов. Модель ступенчатых изменений эффективна в 23 случаях. В среднем показатель эффективности модели линейного тренда $\Delta Tr = 14.1\%$, а модель ступенчатых изменений $\Delta ст = 15,3\%$. Для эффективных нестационарных моделей установленный год ступенчатых изменений варьирует от 1977 до 2009 и в среднем равен 1993 г.

Графики всех нестационарных временных рядов ТПО февраля со ступенчатым ростом температуры в 1984, 1988 и 1991 г.,

аппроксимированные моделью ступенчатых изменений приведены на рисунок 3.1.1– 3.1.4.

Пространственные распределения $\Delta T_r, \%$, $\Delta T_c, \%$ и R_{tr} показаны на рис. 3.1.5. – 3.1.7.

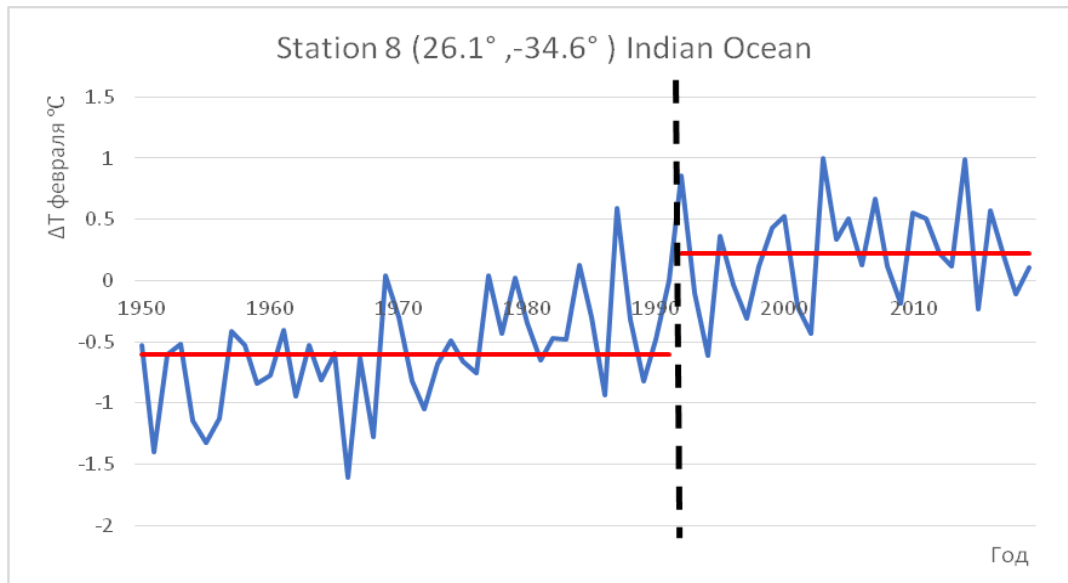


Рисунок 3.1.1. Нестационарный временной ряд ТПО февраля в точке 8 (Индийский океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

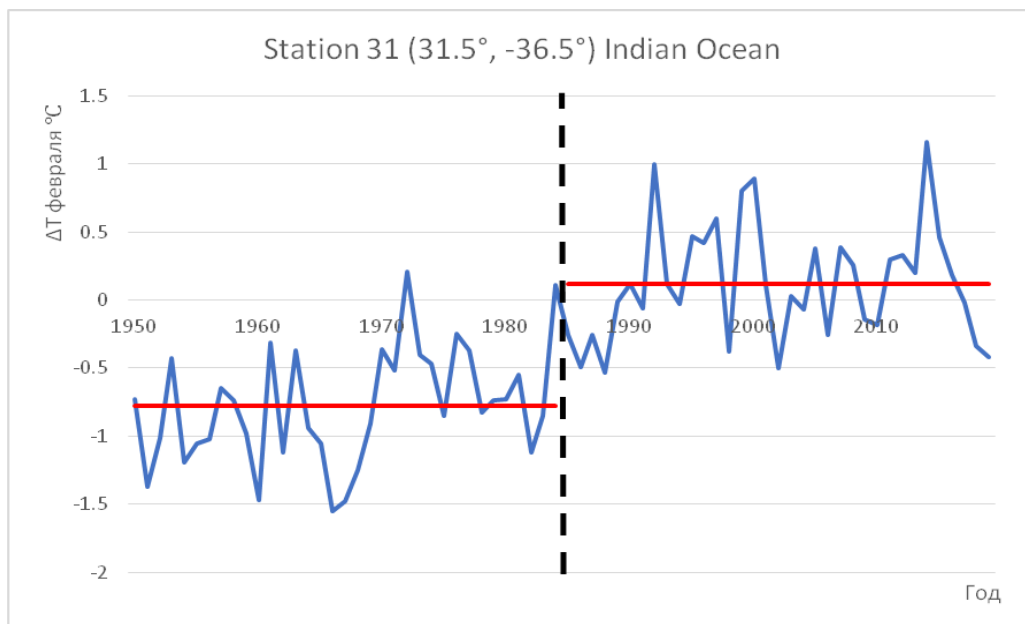


Рисунок 3.1.2. Нестационарный временной ряд ТПО февраля в точке 31 (Индийский океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

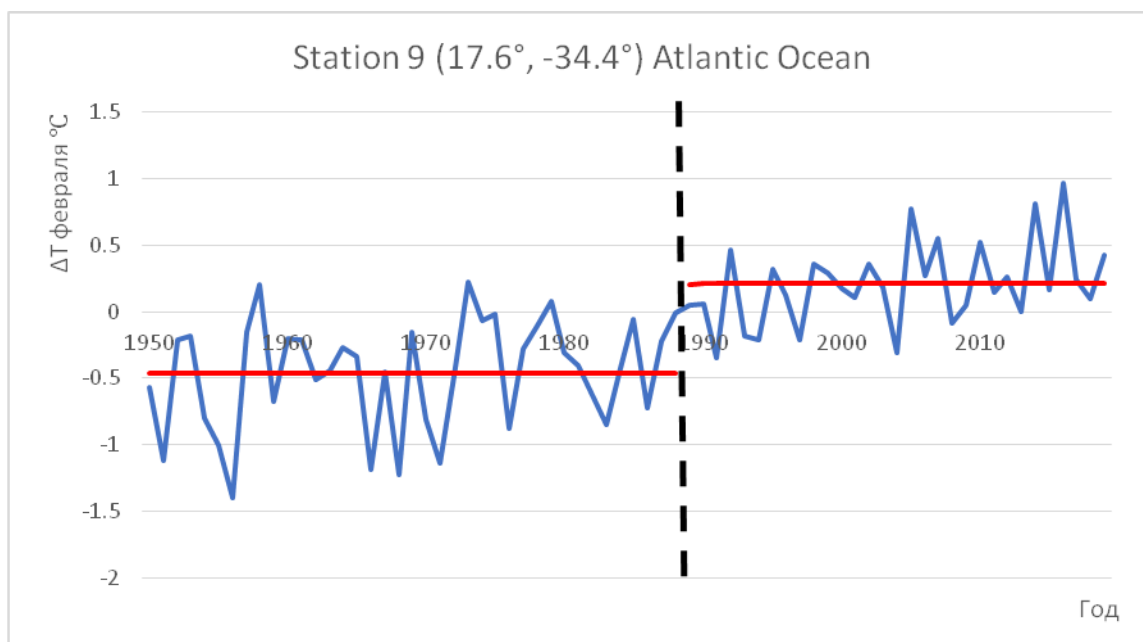


Рисунок 3.1.3 Нестационарный временной ряд ТПО февраля в точке 9 (Атлантический океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

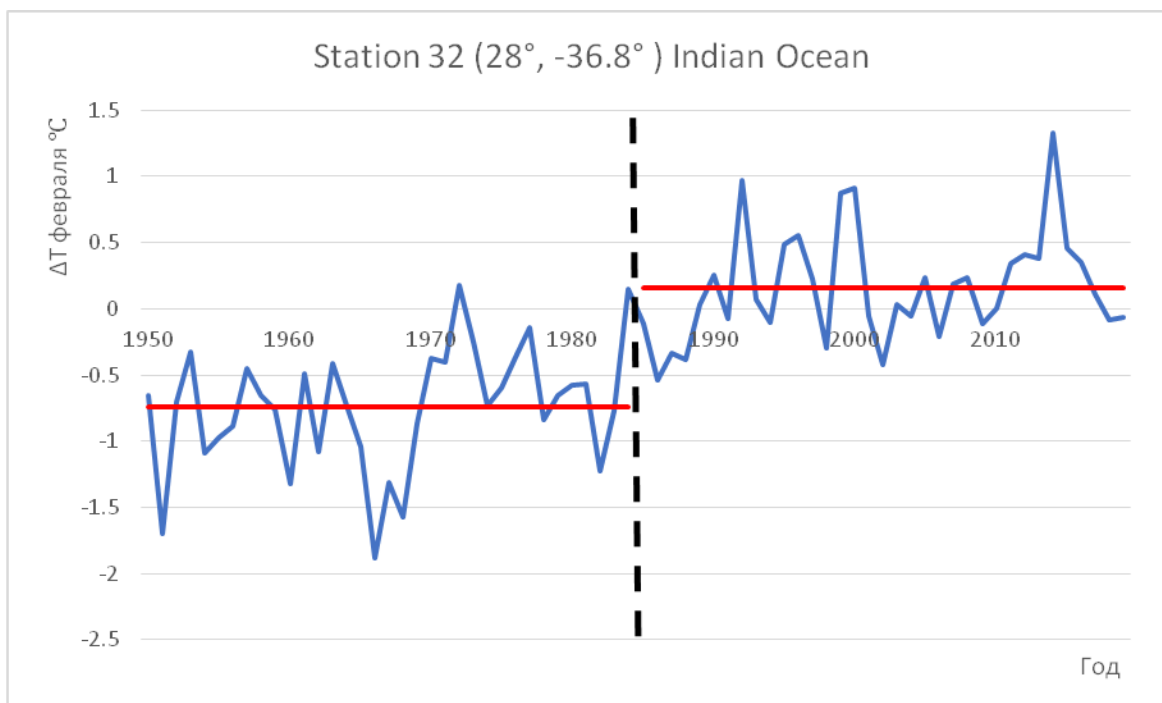


Рисунок 3.1.4 Нестационарный временной ряд ТПО февраля в точке 32 (Индийский океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

Пространственные распределения показателей нестационарных моделей ($\Delta Tr, \%$, $\Delta St, \%$ и Rtr .) за период с 1950 г. приведены на рис.3.1.5-3.1.7.

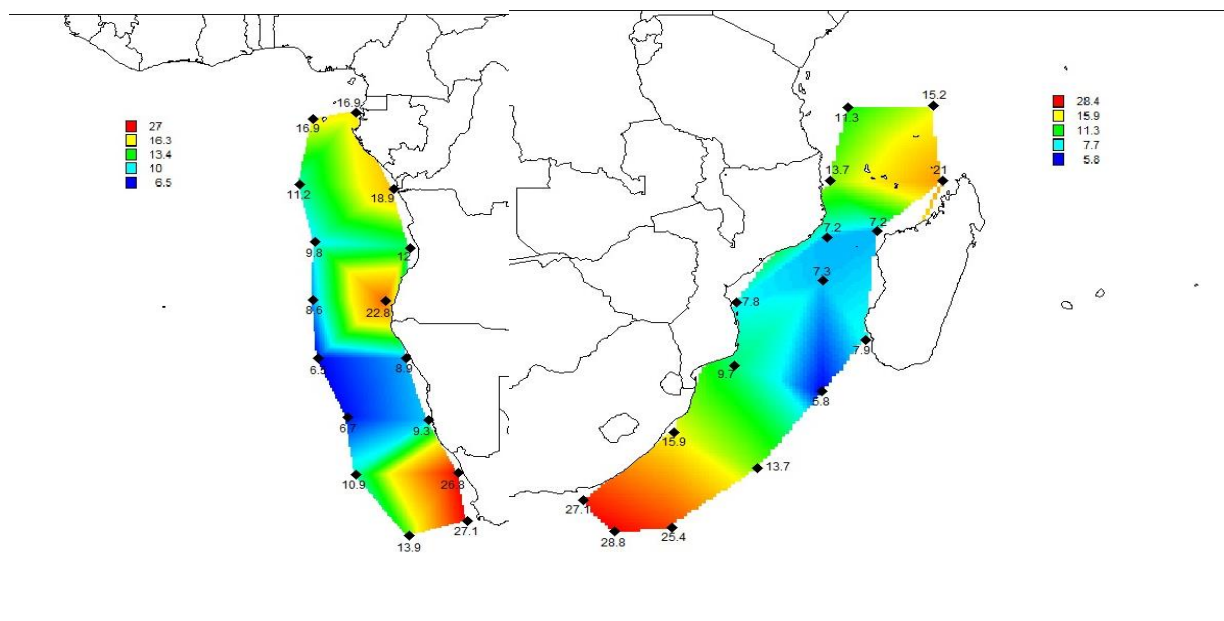


Рисунок 3.1.5. Пространственное распределение показателей нестационарных моделей $\Delta tr, \%$ ТПО февраля.

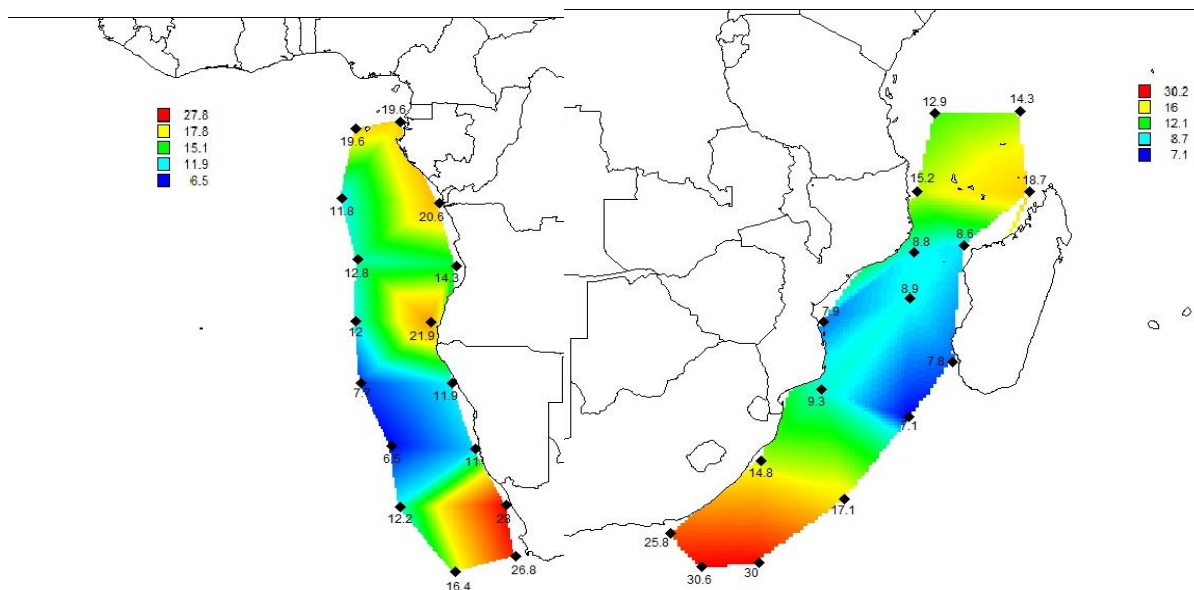


Рисунок 3.1.6. Пространственное распределение показателей
нестационарных моделей $\Delta St, \%$ ТПО февраля.

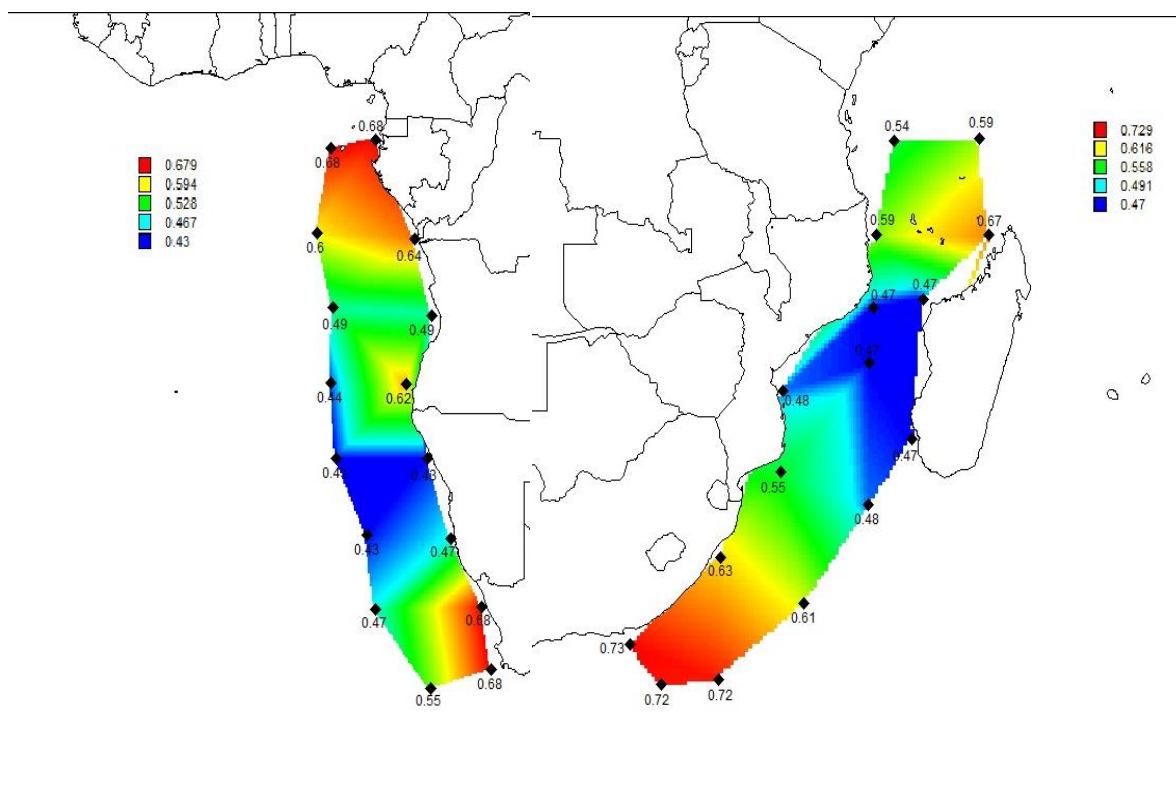


Рисунок 3.1.7. Пространственное распределение показателей
нестационарных моделей R_{tr} ТПО февраля.

Как следует из рис. 3.1.5. – 3.1.7, наибольшая нестационарность проявляется в южной части рассматриваемой акватории двух океанов, а наименьшая – в середине. Причины наименьшей нестационарности в средней части акватории могут быть разные. Так, в Индийском океане это может быть влияние острова Мадагаскар, а в Атлантическом – влияние холодного Бенгальского течения и берегового апвеллинга.

Для количественной оценки изменения ТПО были рассчитаны разности (ΔT) между средними многолетними значениями ТПО второй (T_{cp2}) и первой (T_{cp1}) частей временного ряда, т.е. до и после года ступенчатого перехода. Значения средних ТПО и их разностей в $^{\circ}C$ приведены в табл. 3.1.2, а пространственное распределение ΔT в $^{\circ}C$ – на рис.3.1.8.

Таблица 3.1.2

Средние многолетние ТПО февраля за два стационарных периода и их
разности (в $^{\circ}C$)

Код станции	Станция	Средняя температура, T_{cp2} , $^{\circ}C$	Средняя температура, T_{cp1} , $^{\circ}C$	$T_{cp2} - T_{cp1}$, ΔT
10001	Station 1	0.28	-0.21	0.49
10002	Station 2	0.4	-0.2	0.6
10003	Station 3	0.45	-0.23	0.68
10004	Station 4	0.28	-0.21	0.49

10005	Station 5	0.03	-0.43	0.46
10006	Station 6	-0.01	-0.52	0.51
10007	Station 7	0.02	-0.61	0.63
10008	Station 8	0.22	-0.6	0.82
10009	Station 9	0.21	-0.46	0.67
10010	Station 10	0.23	-0.46	0.69
10011	Station 11	0.17	-0.32	0.49
10012	Station 12	0.18	-0.36	0.54
10013	Station 13	0.13	-0.53	0.66
10014	Station 14	0.21	-0.46	0.67
10015	Station 15	0.22	-0.46	0.68
10016	Station 16	0.2	-0.34	0.54
10017	Station 17	0.2	-0.34	0.54
10018	Station 18	-0.06	-0.85	0.79
10019	Station 19	0.09	-0.59	0.68
10020	Station 20	0.1	-0.44	0.54
10021	Station 21	0.1	-0.31	0.41
10022	Station 22	0.15	-0.27	0.42
10023	Station 23	0.22	-0.29	0.51

10024	Station 24	0.25	-0.41	0.66
10025	Station 25	0.13	-0.37	0.50
10026	Station 26	0.34	-0.37	0.71
10027	Station 27	0.28	-0.21	0.49
10028	Station 28	0.05	-0.37	0.42
10029	Station 29	-0.06	-0.55	0.49
10030	Station 30	0.11	-0.52	0.53
10031	Station 31	0.12	-0.78	0.9
10032	Station 32	0.16	-0.74	0.9

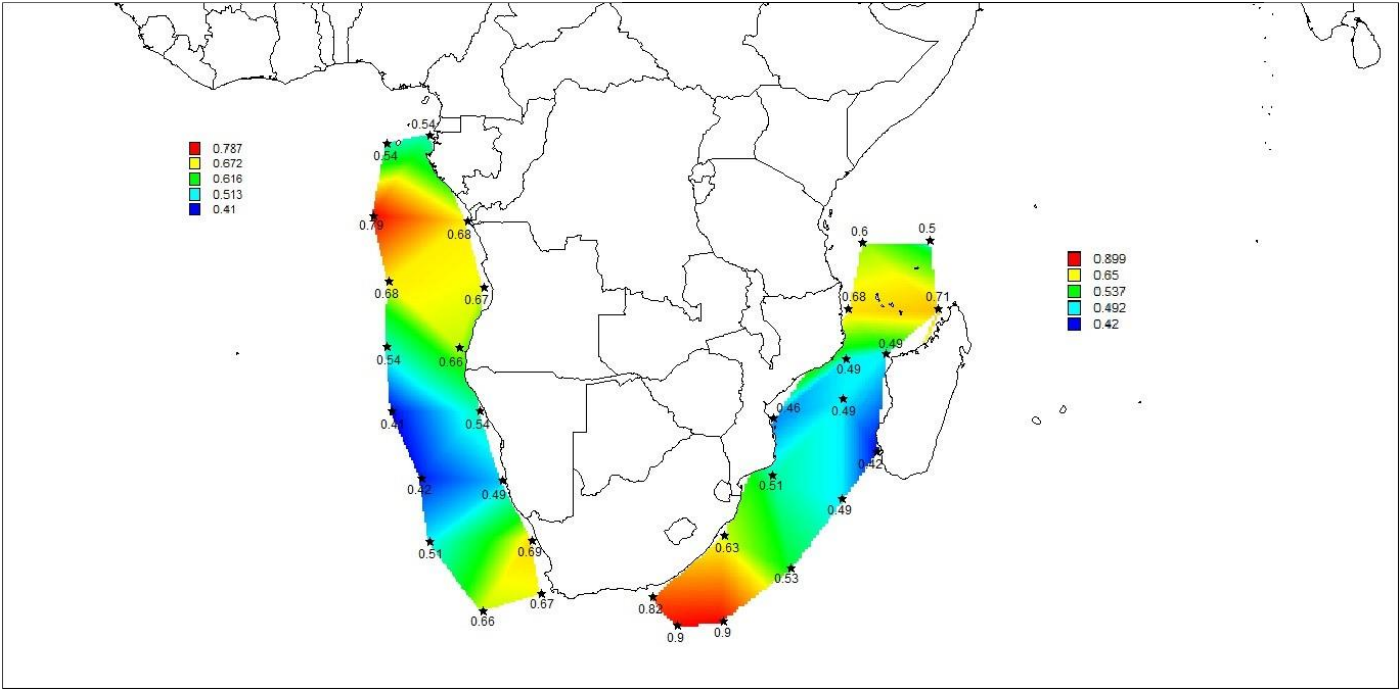


Рисунок 3.1.8. Пространственное распределение ΔT (в °C)

для ТПО февраля.

Из анализа рис.3.1.8 следует, что наибольший рост средних ТПО, составляющий 0.9°C , имел место в южной части Индийского и 0.69°C в южной части Атлантического океанов. Наименьший рост температур составляет 0.41°C и наблюдается в центральной части Атлантического океана.

3.2. Климатические изменения ТПО марта

Результаты аппроксимации временных рядов ТПО марта моделями нестационарного среднего (линейный тренд и ступенчатые изменения от одного стационарного режима к другому) в виде показателей нестационарности этих моделей приведены в табл. 3.2.1.

Таблица 3.2.1

Показатели нестационарных моделей ТПО Марта.

		$\Delta T, \%$	$\Delta C_T, \%$	R_{tr}	$T_{ст}$
Station 1	Весь период	16.8	14.6	0.55	1973
	1960	10.7	10	0.45	1998
	1970	8.3	9.3	0.4	1998
Station 2	Весь период	18.3	14.6	0.58	1987
	1960	11.4	12.8	0.46	2009
	1970	12.8	13.6	0.49	2009
Station 3	Весь период	21.7	16	0.62	1978

	1960	14	13.6	0.51	2009
	1970	13.3	14.1	0.5	2009
Station 4	Весь период	16.7	14.5	0.55	1973
	1960	10.6	10	0.45	1998
	1970	8.2	9.2	0.4	1998
Station 5	Весь период	17	18.3	0.56	1973
	1960	11.8	13.5	0.47	1973
	1970	6.1	6.7	0.34	1998
Station 6	Весь период	20	22.9	0.6	1973
	1960	15	18.4	0.53	1973
	1970	6.8	8.6	0.36	1999
Station7	Весь период	20.1	18	0.6	1978
	1960	15.4	14.2	0.53	1998
	1970	10.1	13.1	0.44	1998
Station 8	Весь период	24.9	22.6	0.66	1999
	1960	22.1	21.9	0.63	1999
	1970	17.7	21.5	0.57	1999
Station 9	Весь период	20.9	22.7	0.61	1987
	1960	20.6	21.9	0.61	1987
	1970	16.1	17.3	0.54	1987
Station 10	Весь период	21	21.6	0.61	1987
	1960	21.1	20.8	0.61	1987
	1970	17	16.4	0.56	1998
Station 11	Весь период	11.1	13	0.46	1987
	1960	11.1	13.4	0.46	1987
	1970	7.4	9.8	0.38	1987

Station 12	Весь период	6.9	9.2	0.37	1988
	1960	6.7	9.3	0.36	1988
	1970	5	7.5	0.31	1988
Station 13	Весь период	12.3	13.8	0.48	1984
	1960	12.1	13.3	0.48	1984
	1970	12.7	12.9	0.49	1984
Station 14	Весь период	6.1	7.6	0.34	1995
	1960	4.4	6.7	0.29	1995
	1970	7.9	8.6	0.39	1984
Station 15	Весь период	20	19.2	0.6	1983
	1960	14	15.9	0.51	1995
	1970	18.4	17.7	0.58	1983
Station 16	Весь период	26.8	24.3	0.68	1994
	1960	21.9	25.1	0.62	1994
	1970	28.2	27	0.7	1994
Station 17	Весь период	26.8	24.3	0.68	1994
	1960	21.9	25.1	0.62	1994
	1970	28.2	27	0.7	1994
Station 18	Весь период	27.1	21.8	0.68	1983
	1960	17.5	18	0.57	1998
	1970	18	16.8	0.57	1998
Station 19	Весь период	12.6	12.1	0.49	1984
	1960	7	8.7	0.37	1984
	1970	8.4	10	0.4	1984
Station 20	Весь период	7.7	9.8	0.38	1984
	1960	5.2	8.2	0.32	1984

	1970	5.4	8.5	0.32	1984
Station 21	Весь период	9.3	11.4	0.42	1986
	1960	7.4	10.3	0.38	1986
	1970	6.2	8.9	0.35	1986
Station 22	Весь период	11.1	13	0.46	1986
	1960	9.3	12.2	0.42	1986
	1970	9.5	11.6	0.42	1986
Station 23	Весь период	13.9	14	0.51	1986
	1960	10.9	13.8	0.45	2001
	1970	15.5	15.9	0.54	2001
Station 24	Весь период	14.1	15.1	0.51	1989
	1960	11.4	13.6	0.46	1989
	1970	11.3	12.9	0.46	1989
Station 25	Весь период	18.9	18.4	0.59	1987
	1960	12.4	14.2	0.48	1987
	1970	14.2	14.4	0.51	1987
Station 26	Весь период	23.4	19	0.64	1987
	1960	17.1	15.3	0.56	2009
	1970	18.2	15.9	0.58	2009
Station 27	Весь период	16.4	14.4	0.55	1973
	1960	10.4	9.8	0.44	1998
	1970	7.9	9	0.39	1998
Station 28	Весь период	16.5	16.6	0.55	1973
	1960	12.2	12.4	0.48	1973
	1970	7.7	9.3	0.38	1998
Station 29	Весь период	13.7	15.9	0.5	1973

	1960	10.1	12.5	0.44	1973
	1970	3.9	6.6	0.28	1999
Station 30	Весь период	21.5	23.9	0.62	1972
	1960	18.2	20.8	0.57	1971
	1970	7.1	11.5	0.37	1999
Station 31	Весь период	22.4	26	0.63	1984
	1960	22.4	25	0.63	1984
	1970	9.2	16.8	0.42	1987
Station 32	Весь период	22.3	25.4	0.63	1987
	1960	25	26.5	0.66	1987
	1970	12.4	20.1	0.48	1987
Среднее		13.8	15.2	0.5	

В таблице 3.2.1 ярким шрифтом выделены случаи эффективных нестационарных моделей (ΔTr или $\Delta ст \geq 10\%$) и статистически значимых коэффициентов корреляции уравнения линейного тренда R_{Tr} . Как следует из результатов, из 32 рядов модель линейного эффективна в 26 случаях, а коэффициенты корреляции уравнения тренда со временем статистически значимы для всех 32 рядов. Модель ступенчатых изменений эффективна в 27 случаях. В среднем показатель эффективности модели линейного тренда $\Delta Tr = 15.2\%$, а модель ступенчатых изменений $\Delta ст = 13,8\%$. Для эффективных нестационарных моделей установленный год ступенчатых изменений варьирует от 1971 до 2009 и в среднем равен 1990 г.

Графики нестационарных временных рядов ТПО марта со ступенчатым ростом температуры в 1983, 1987 и 1994 г., аппроксимированные моделью ступенчатых изменений приведены на рисунок 3.2.1. – 3.2.4.

Пространственные распределения $\Delta T_r, \%$, $\Delta T_s, \%$ и R_{tr} показаны на рисунок 3.2.5. – 3.2.7.

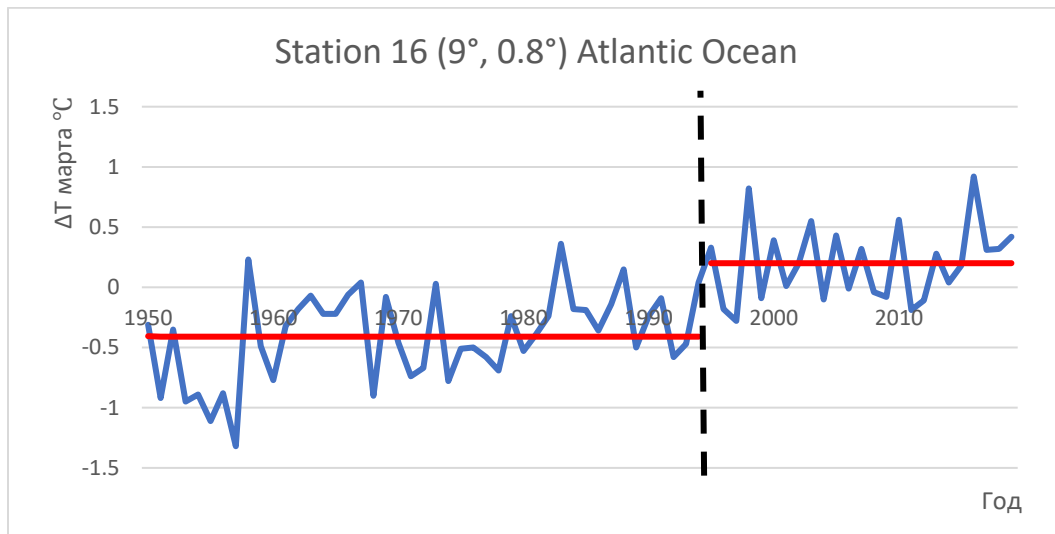


Рисунок 3.2.1. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 16 (Атлантический океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

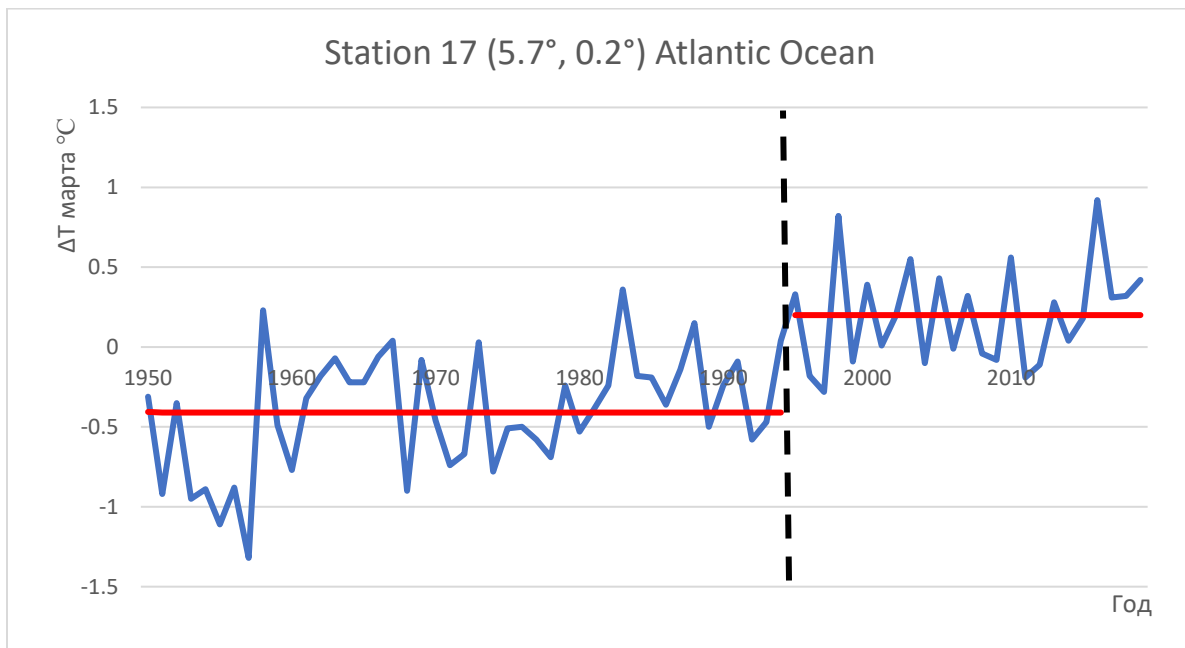


Рисунок 3.2.2. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 17 (Атлантический океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

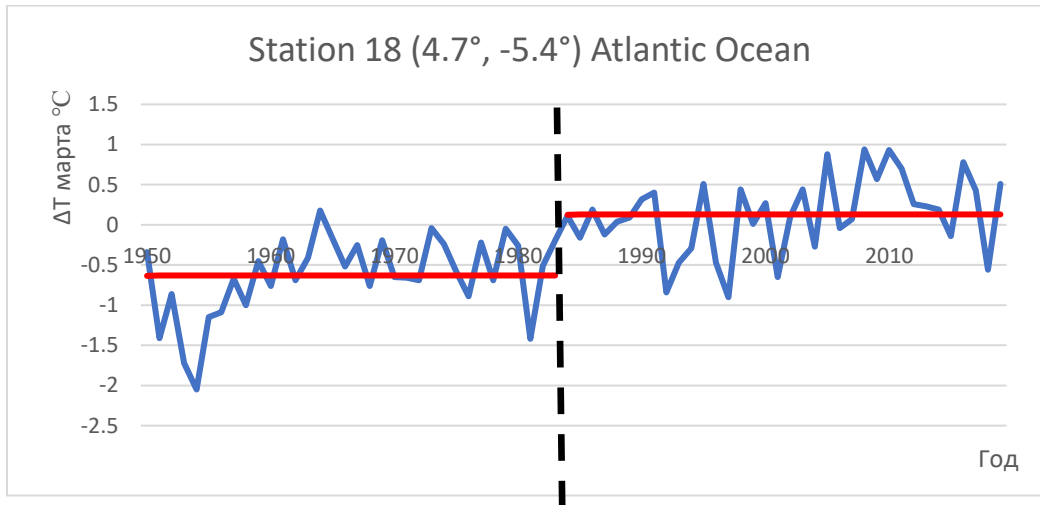


Рисунок 3.2.4. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 18 (Атлантический океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

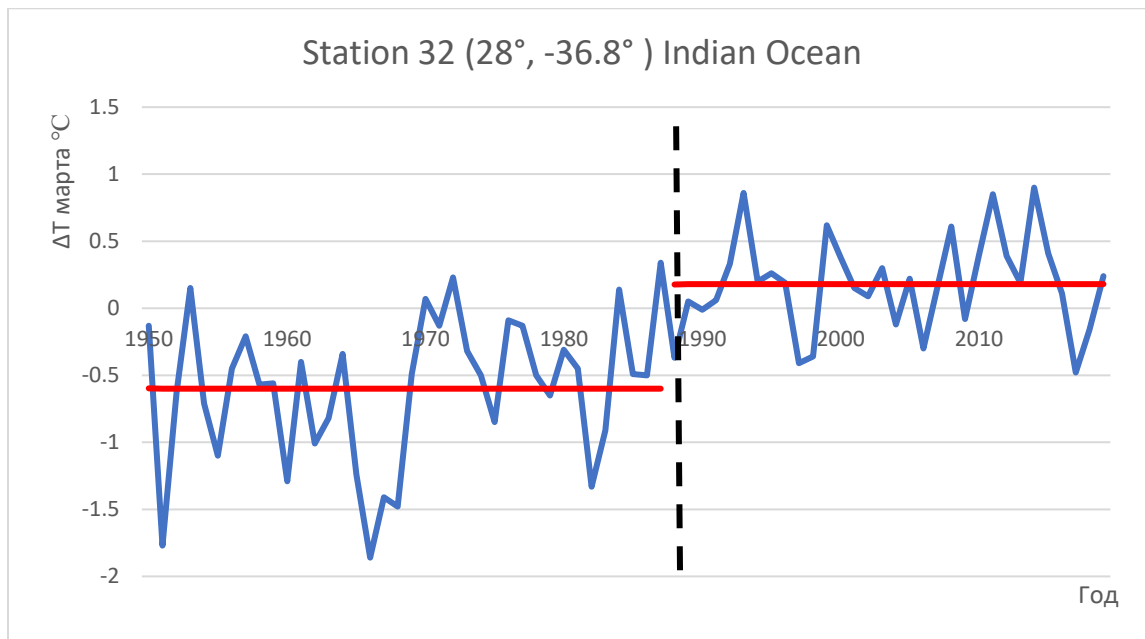


Рисунок 3.2.4. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 32 (Индийский океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

Пространственные распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1950 г. приведены на 3.2.5-3.2.7, где сверху вниз: $\Delta T_p, \%$, $\Delta C_T, \%$ и R_{Tp}

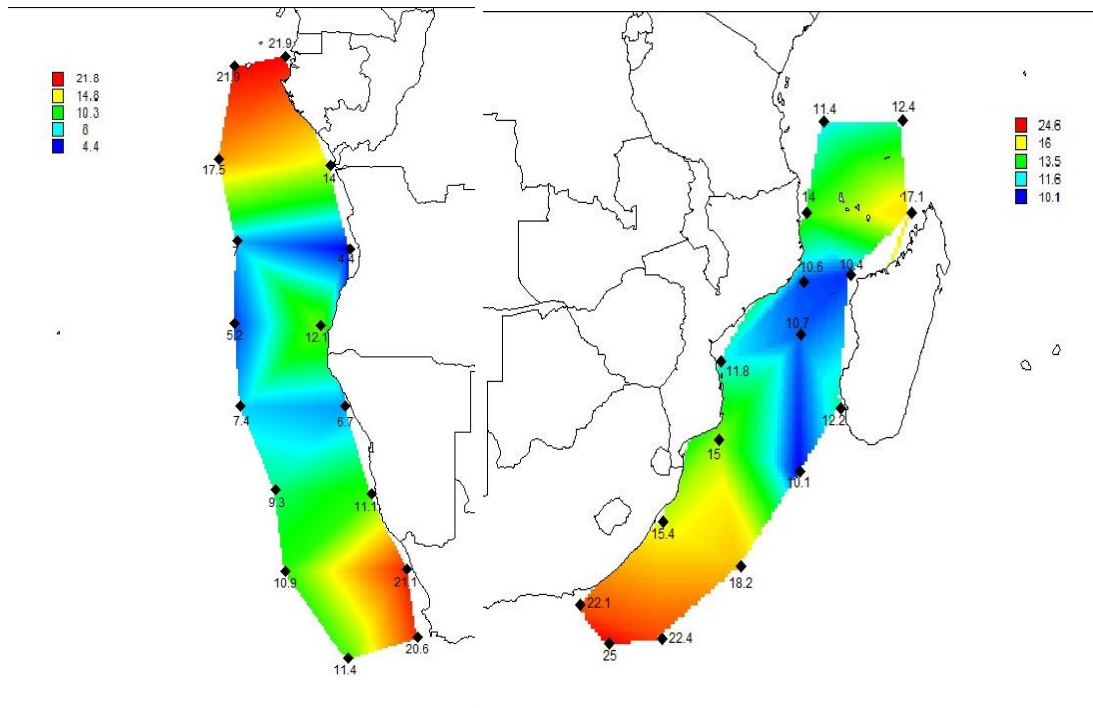


Рисунок 3.2.5. Пространственное распределение показателей нестационарных моделей $\Delta T_p, \%$ ТПО марта.

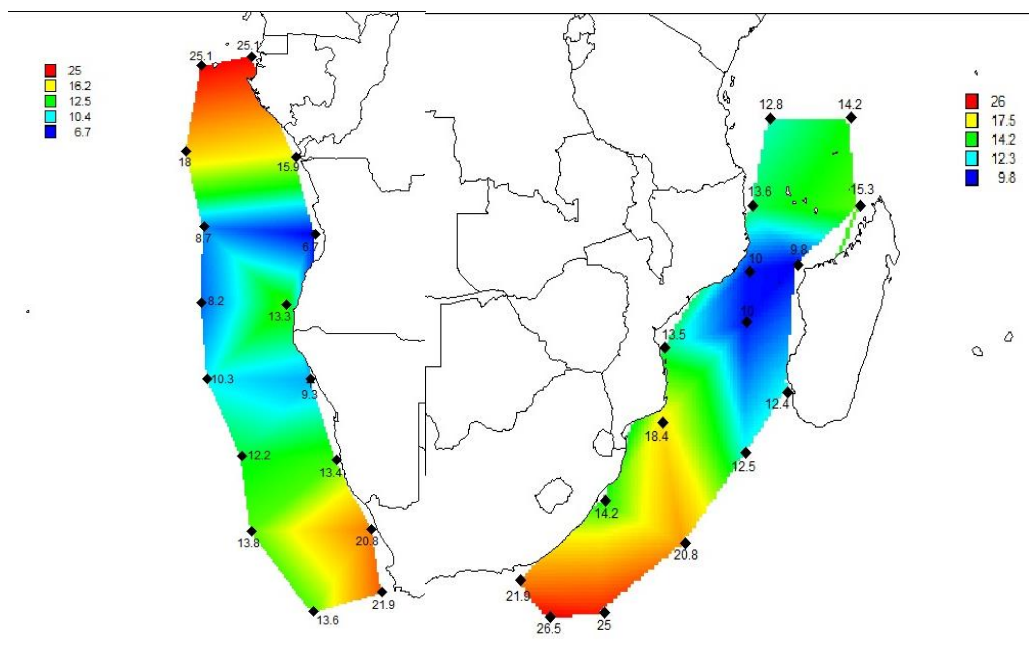


Рисунок 3.2.6. Пространственное распределение показателей нестационарных моделей $\Delta St, \% TPO$ марта

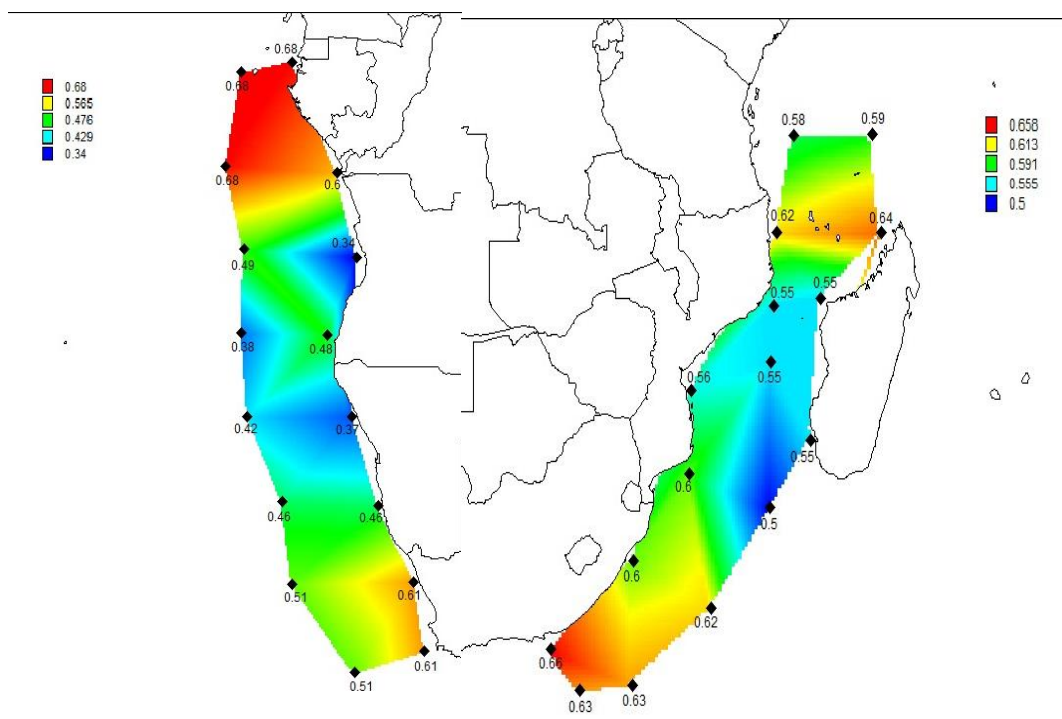


Рисунок 3.2.7. Пространственное распределение показателей нестационарных моделей $Rtr TPO$ марта.

Как следует из рисунков 3.2.5. – 3.2.7, ΔT_r имеет наибольшее значение в северной части Атлантического океана, а наименьшее значение в середине океана. ΔT_r имеет наибольшее значение в южной части Индийского океана, а наименьшее значение в середине индийского океана.

Для количественной оценки изменения ТПО были рассчитаны разности (ΔT) между средними многолетними значениями ТПО второй (T_{cp2}) и первой (T_{cp1}) частей временного ряда, т.е. до и после года ступенчатого перехода. Значения средних ТПО и их разностей в $^{\circ}\text{C}$ приведены в табл. 3.2.2, а пространственное распределение ΔT в $^{\circ}\text{C}$ – на рис.3.2.9.

Таблица 3.2.2

Средние многолетние ТПО марта за два стационарных периода и их разности
(в $^{\circ}\text{C}$)

Код станции	Станция	Средняя температура, T_{cp2} , $^{\circ}\text{C}$	Средняя температура, T_{cp1} , $^{\circ}\text{C}$	$T_{cp2} - T_{cp1}$, ΔT $^{\circ}\text{C}$
10001	Station 1	0.06	-0.5	0.56
10002	Station 2	0.11	-0.32	0.43
10003	Station 3	0.08	-0.45	0.53
10004	Station 4	0.05	-0.5	0.55
10005	Station 5	0.04	-0.61	0.65

10006	Station 6	0.01	-0.71	0.72
10007	Station 7	0.05	-0.54	0.59
10008	Station 8	0.43	-0.4	0.83
10009	Station 9	0.19	-0.41	0.60
10010	Station 10	0.16	-0.41	0.57
10011	Station 11	0.18	-0.38	0.56
10012	Station 12	0.19	-0.31	0.50
10013	Station 13	0.15	-0.34	0.49
10014	Station 14	0.26	-0.27	0.53
10015	Station 15	0.15	-0.48	0.63
10016	Station 16	0.2	-0.41	0.61
10017	Station 17	0.2	-0.41	0.61
10018	Station 18	0.13	-0.63	0.76
10019	Station 19	0.17	-0.48	0.65
10020	Station 20	0.16	-0.36	0.52
10021	Station 21	0.16	-0.34	0.50
10022	Station 22	0.18	-0.34	0.52
10023	Station 23	0.19	-0.36	0.55
10024	Station 24	0.2	-0.41	0.61

10025	Station 25	0.1	-0.36	0.46
10026	Station 26	0.13	-0.38	0.51
10027	Station 27	0.06	-0.49	0.55
10028	Station 28	0.07	-0.54	0.61
10029	Station 29	0.01	-0.63	0.64
10030	Station 30	-0.04	-0.78	0.72
10031	Station 31	0.1	0.66	0.67
10032	Station 32	0.18	-0.6	0.78

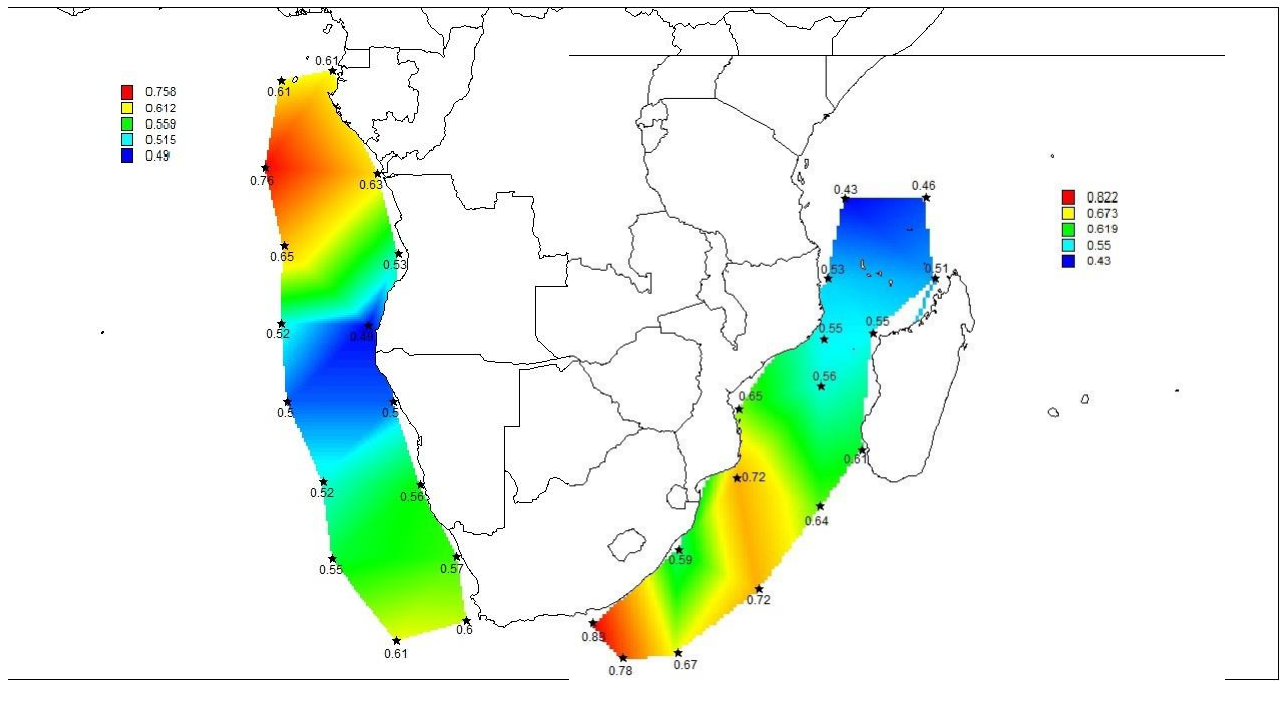


Рисунок 3.2.8. Пространственное распределение ΔT (в $^{\circ}\text{C}$)
для ТПО марта.

Из анализа рис.3.2.8 следует, что наибольший рост средних ТПО, составляющий 0.8°C , имел место в южной части Индийского и 0.8°C в северной части Атлантического океанов. Наименьший рост температур составляет 0.43°C и наблюдается в северной части Индийского океана.

Глава 4. Оценка климатических изменений холодного сезона

4.1. Климатические изменения ТПО августа

Результаты аппроксимации временных рядов ТПО августа моделями нестационарного среднего (линейный тренд и ступенчатые изменения от одного стационарного режима к другому) в виде показателей нестационарности этих моделей приведены в табл. 4.1.1.

Таблица 4.1.1

Показатели нестационарных моделей ТПО августа

		$\Delta T, \%$	$\Delta C_T, \%$	R_{tr}	$T_{ст}$
Station 1	Весь период	27	20.1	0.68	1966
	1960	20	14.8	0.6	1995
	1970	12.5	11.1	0.48	1995
Station 2	Весь период	31.4	21.9	0.73	1972

	1960	19.8	20.8	0.6	2007
	1970	13.3	20.8	0.5	2009
Station 3	Весь период	36.7	25.7	0.77	1972
	1960	25.8	19.5	0.67	2009
	1970	16.3	20.1	0.55	2009
Station 4	Весь период	27	20.1	0.68	1966
	1960	20	14.9	0.6	1995
	1970	12.4	11.2	0.48	1995
Station 5	Весь период	14.5	12.4	0.52	1988
	1960	11	11.3	0.46	1988
	1970	6.1	7.7	0.34	1988
Station 6	Весь период	17	18.8	0.56	1982
	1960	14.2	18.2	0.51	1982
	1970	8.9	14.1	0.41	1982
Station7	Весь период	18.5	19.2	0.58	1985
	1960	14.4	16.5	0.52	1985
	1970	13.8	15.7	0.51	1985
Station 8	Весь период	17.5	20.2	0.57	1985
	1960	13.3	17.1	0.5	1985
	1970	22.2	24.1	0.63	1982
Station 9	Весь период	21.2	25.7	0.62	1985
	1960	20.7	24.5	0.61	1985
	1970	19.6	22.1	0.59	1984
Station 10	Весь период	20.7	25.6	0.61	1985
	1960	20	24.4	0.6	1985
	1970	18.5	21.9	0.58	1984

Station 11	Весь период	12	14	0.47	1983
	1960	8.1	10.8	0.39	1983
	1970	6.4	8.7	0.35	1983
Station 12	Весь период	6.6	8.1	0.36	1972
	1960	2.7	4.4	0.23	1999
	1970	2	3.8	0.2	1999
Station 13	Весь период	24.2	24.1	0.65	1997
	1960	19.6	22.1	0.59	1997
	1970	19.9	20.4	0.6	1997
Station 14	Весь период	17.5	15.6	0.57	1997
	1960	10.5	13.5	0.45	1997
	1970	8.7	11.7	0.41	1997
Station 15	Весь период	25.3	22.6	0.66	1997
	1960	17.1	21.5	0.56	1997
	1970	17.5	20.5	0.57	1997
Station 16	Весь период	25.8	23.7	0.67	1998
	1960	18.5	23.5	0.58	1998
	1970	27.7	25.6	0.69	1998
Station 17	Весь период	25.8	23.7	0.67	1998
	1960	18.5	23.5	0.58	1998
	1970	27.7	25.6	0.69	1998
Station 18	Весь период	19.9	19.2	0.6	1984
	1960	11.9	14.4	0.47	1984
	1970	14.2	15.6	0.51	1984
Station 19	Весь период	17.1	15.2	0.56	1984
	1960	7.6	9.4	0.38	1984

	1970	6.5	7.9	0.36	1984
Station 20	Весь период	9.5	11.5	0.43	1972
	1960	3.1	4.4	0.25	1984
	1970	1.6	3.1	0.18	1999
Station 21	Весь период	8.6	11.6	0.41	1972
	1960	3.5	5.9	0.26	1972
	1970	2.2	4.8	0.21	1999
Station 22	Весь период	15.2	15.7	0.53	1972
	1960	8.9	12	0.41	1999
	1970	7.2	10.6	0.37	1999
Station 23	Весь период	18.4	17.3	0.58	1972
	1960	10.6	11.3	0.45	2000
	1970	9.8	10.8	0.43	2005
Station 24	Весь период	12.3	13	0.48	1986
	1960	8.3	10.5	0.4	1986
	1970	10.7	11.5	0.45	1986
Station 25	Весь период	30.2	23.4	0.72	1972
	1960	20.1	19.9	0.6	2006
	1970	12.8	19.7	0.49	2007
Station 26	Весь период	37.4	29	0.78	1972
	1960	27.9	19.8	0.69	2007
	1970	16.9	20.5	0.56	2009
Station 27	Весь период	26.6	19.9	0.68	1966
	1960	19.6	14.7	0.6	1995
	1970	11.9	11	0.47	1995
Station 28	Весь период	18.2	15.4	0.58	1988

	1960	14.8	14.4	0.52	1988
	1970	10	11	0.44	1988
Station 29	Весь период	18	17.9	0.57	1982
	1960	15.3	16.7	0.53	1982
	1970	11.2	13	0.46	1982
Station 30	Весь период	15.5	20.7	0.53	1982
	1960	12.5	20.5	0.48	1982
	1970	10.8	21.2	0.45	1982
Station 31	Весь период	3.7	6	0.27	1998
	1960	0.8	5.4	0.12	1998
	1970	13.3	16.4	0.5	1998
Station 32	Весь период	3.3	6.4	0.26	1998
	1960	0.8	6.1	0.13	1998
	1970	16.9	20.3	0.56	1998
Среднее		13.7	15.2	0.5	

В таблице 4.1.1. ярким шрифтом выделены случаи эффективных нестационарных моделей (ΔTr или $\Delta st \geq 10\%$) и статистически значимых коэффициентов корреляции уравнения линейного тренда R_{Tr} . Как следует из результатов, из 32 рядов модель линейного эффективна в 23 случаях, а коэффициенты корреляции уравнения тренда со временем статистически значимы для всех 30 рядов и 2 не статистически значимы. Модель ступенчатых изменений эффективна в 26 случаях. В среднем показатель эффективности модели линейного тренда $\Delta Tr = 13.7\%$, а модель ступенчатых изменений $\Delta st = 15.2\%$. Для эффективных нестационарных моделей

установленный год ступенчатых изменений варьирует от 1972 до 2009 и в среднем равен 1992 г.

Графики всех нестационарных временных рядов ТПО августа со ступенчатым ростом температуры в 1972 г., аппроксимированные моделью ступенчатых изменений приведены на рисунок 4.1.1. – 4.1.4.

Пространственные распределения $\Delta T_p, \%$, $\Delta C_T, \%$ и R_{tr} показаны на рисунок 4.1.5. – 4.1.7.

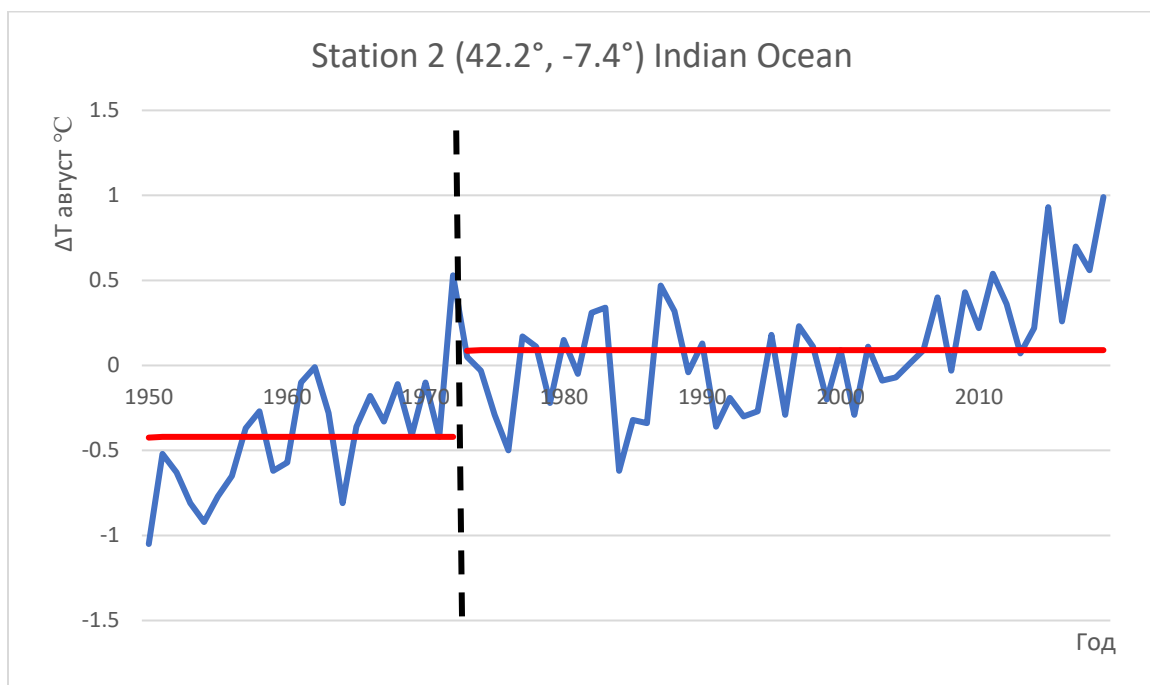


Рисунок 4.1.1. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 2 (Индийский океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

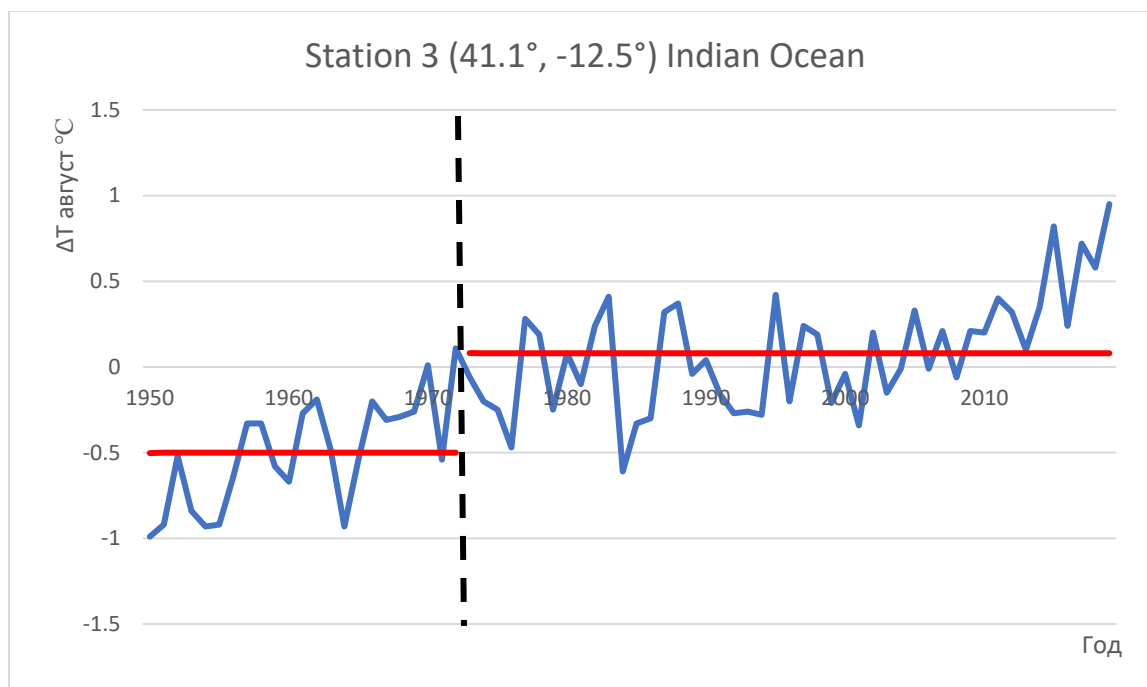


Рисунок 4.1.2. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 3 (Индийский океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

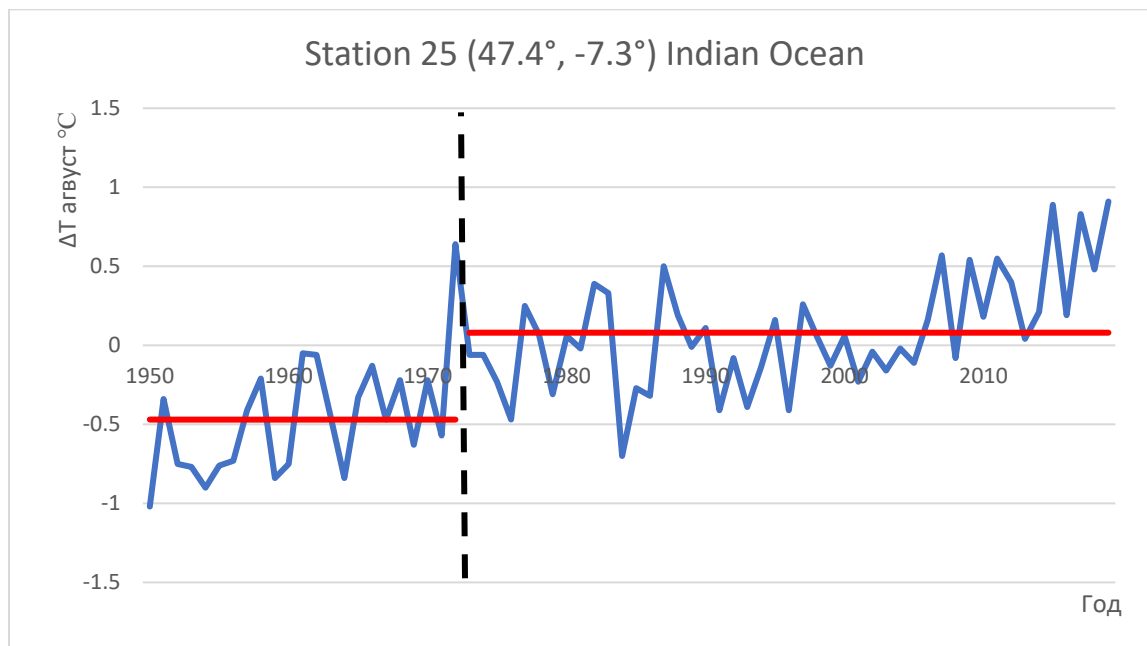


Рисунок 4.1.3. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 25 (Индийский океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

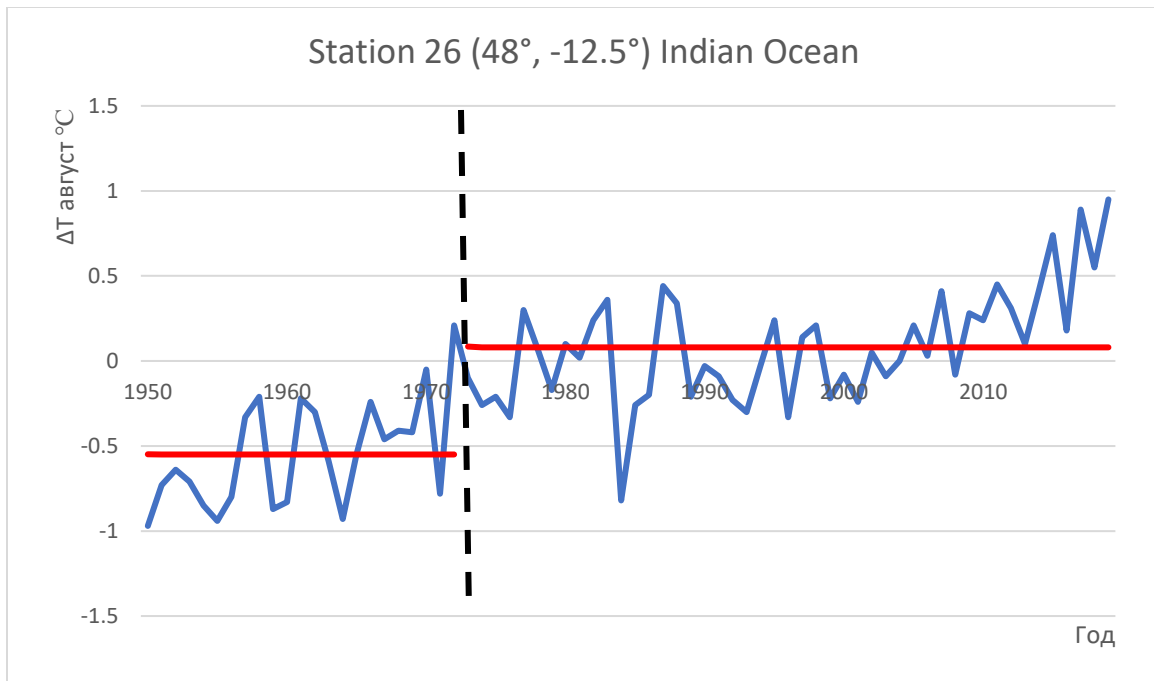


Рисунок 4.1.4. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 26 (Индийский океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

Пространственные распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1950 г., приведены на рис.4.1.5-4.1.7, где сверху вниз: $\Delta T_p, \%$, $\Delta S_t, \%$ и R_{tr} .

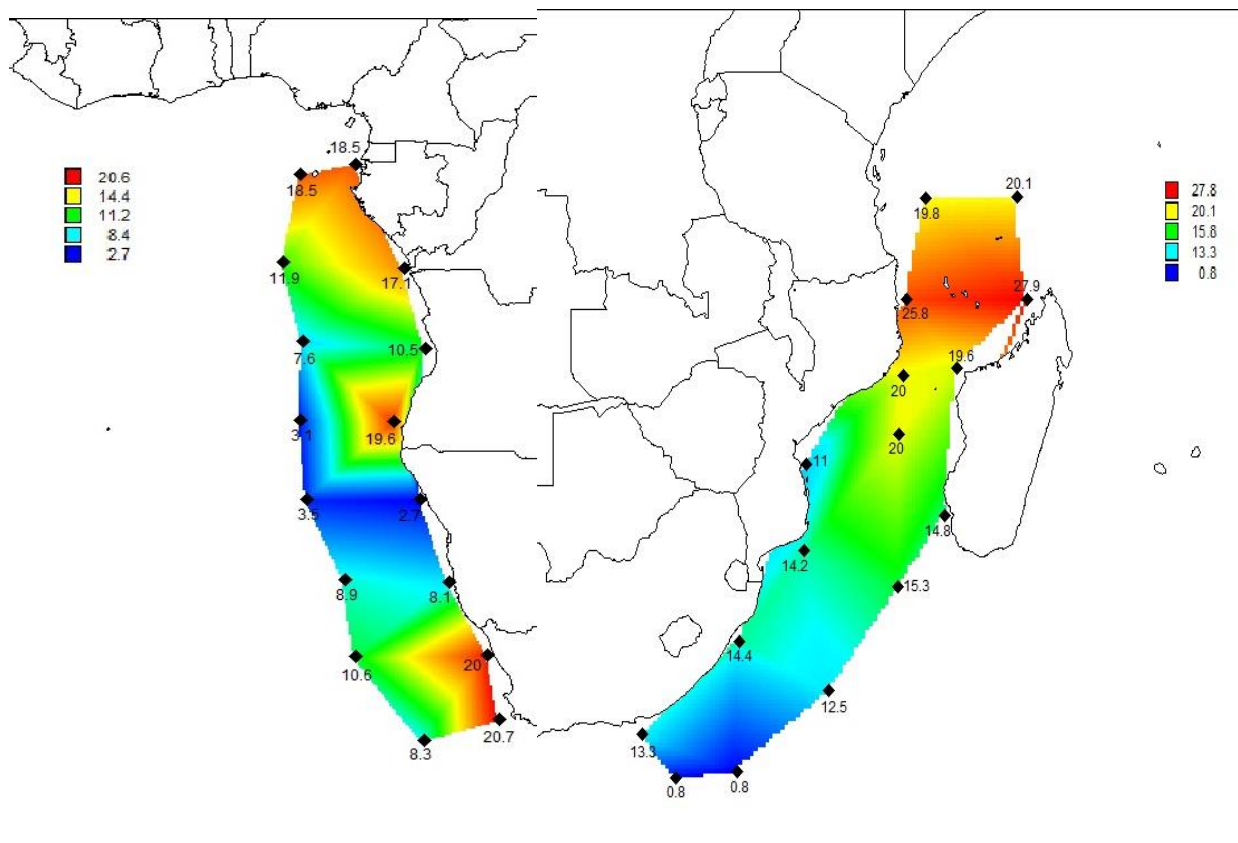


Рисунок 4.1.5. Пространственное распределение показателей
нестационарных моделей $\Delta T_{tr}, \% \text{ ТПО}$ августа.

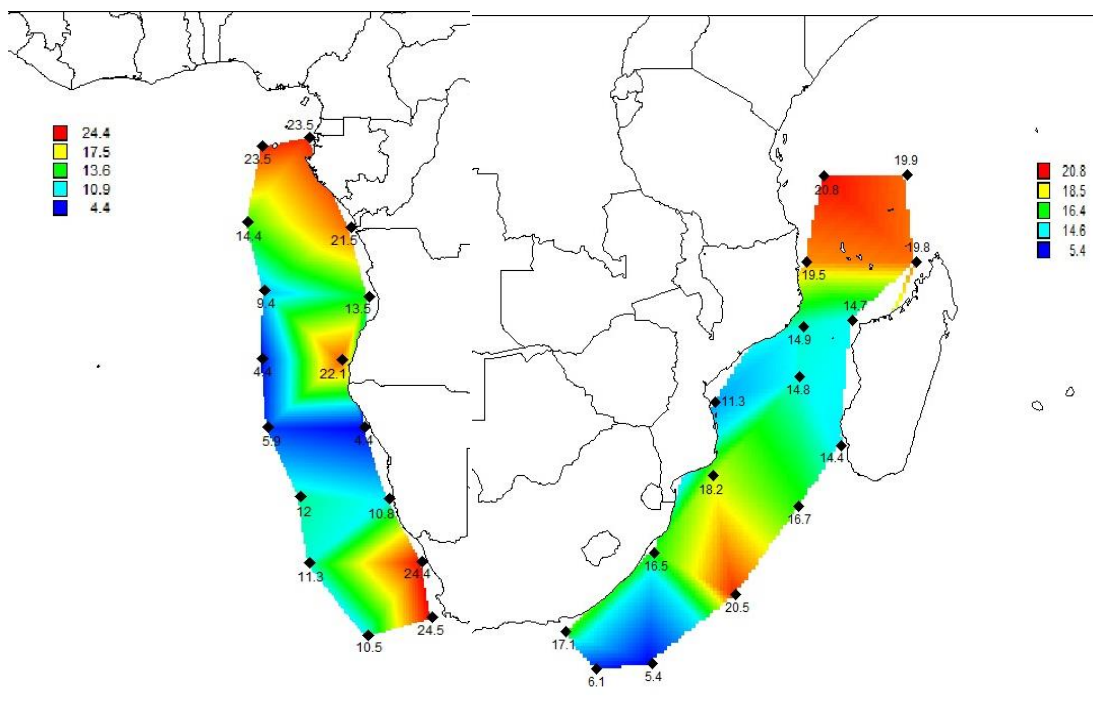


Рисунок 4.1.6. Пространственное распределение показателей нестационарных моделей $\Delta St, \% TPO$ августа.

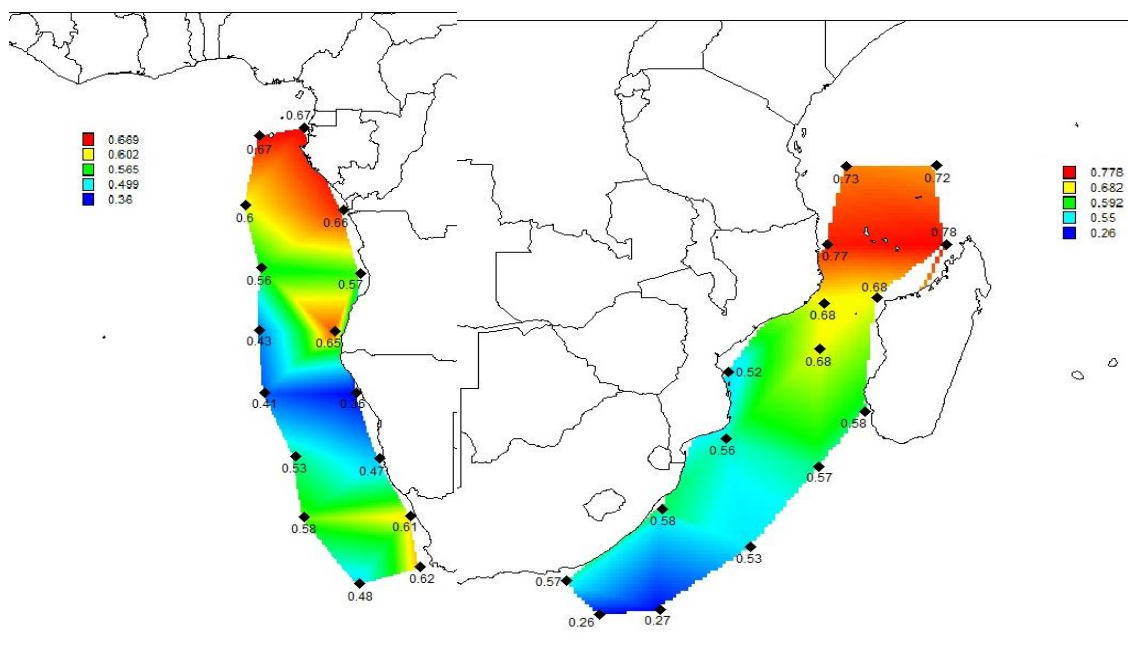


Рисунок 4.1.7. Пространственное распределение показателей нестационарных моделей $Rtr TPO$ августа.

Как следует из рисунков 4.1.5. – 4.1.7, ΔT_r имеет наибольшее значение в южной части Атлантического океана, а наименьше значение в середине Атлантического океана. Наибольшее значение ΔT_r в Индийском океане наблюдается в северной части, а наименьше значение в южной части океана.

Для количественной оценки изменения ТПО были рассчитаны разности (ΔT) между средними многолетними значениями ТПО второй (T_{cp2}) и первой (T_{cp1}) частей временного ряда, т.е. до и после года ступенчатого перехода. Значения средних ТПО и их разностей в $^{\circ}\text{C}$ приведены в табл. 4.1.2, а пространственное распределение ΔT в $^{\circ}\text{C}$ – на рис.4.1.8.

Таблица 4.1.2

Средние многолетние ТПО августа за два стационарных периода и их разности (в $^{\circ}\text{C}$)

Код станции	Станция	Средняя температура, T_{cp2} , $^{\circ}\text{C}$	Средняя температура, T_{cp1} , $^{\circ}\text{C}$	$T_{cp2} - T_{cp1}$, ΔT
10001	Station 1	0.04	-0.58	0.62
10002	Station 2	0.09	-0.42	0.51
10003	Station 3	0.08	-0.5	0.58
10004	Station 4	0.04	-0.58	0.62
10005	Station 5	0.11	-0.3	0.41
10006	Station 6	0.05	-0.44	0.49
10007	Station 7	0.11	-0.51	0.62

10008	Station 8	0.12	-0.57	0.69
10009	Station 9	0.09	-0.48	0.57
10010	Station 10	0.11	-0.48	0.59
10011	Station 11	0.04	-0.39	0.43
10012	Station 12	-0.004	-0.35	0.35
10013	Station 13	0.29	-0.29	0.58
10014	Station 14	0.3	-0.42	0.72
10015	Station 15	0.34	0.47	0.81
10016	Station 16	0.41	-0.41	0.82
10017	Station 17	0.41	-0.41	0.82
10018	Station 18	0.1	-0.59	0.69
10019	Station 19	0.06	-0.51	0.57
10020	Station 20	0.004	-0.42	0.42
10021	Station 21	-0.008	-0.36	0.36
10022	Station 22	-0.007	-0.42	0.42
10023	Station 23	0.01	-0.43	0.44
10024	Station 24	0.09	-0.33	0.42
10025	Station 25	0.08	-0.47	0.55
10026	Station 26	0.08	-0.55	0.63

10027	Station 27	0.04	-0.57	0.61
10028	Station 28	0.13	-0.32	0.45
10029	Station 29	0.07	-0.43	0.5
10030	Station 30	0.04	-0.47	0.51
10031	Station 31	0.19	-0.14	0.33
10032	Station 32	0.26	-0.11	0.37

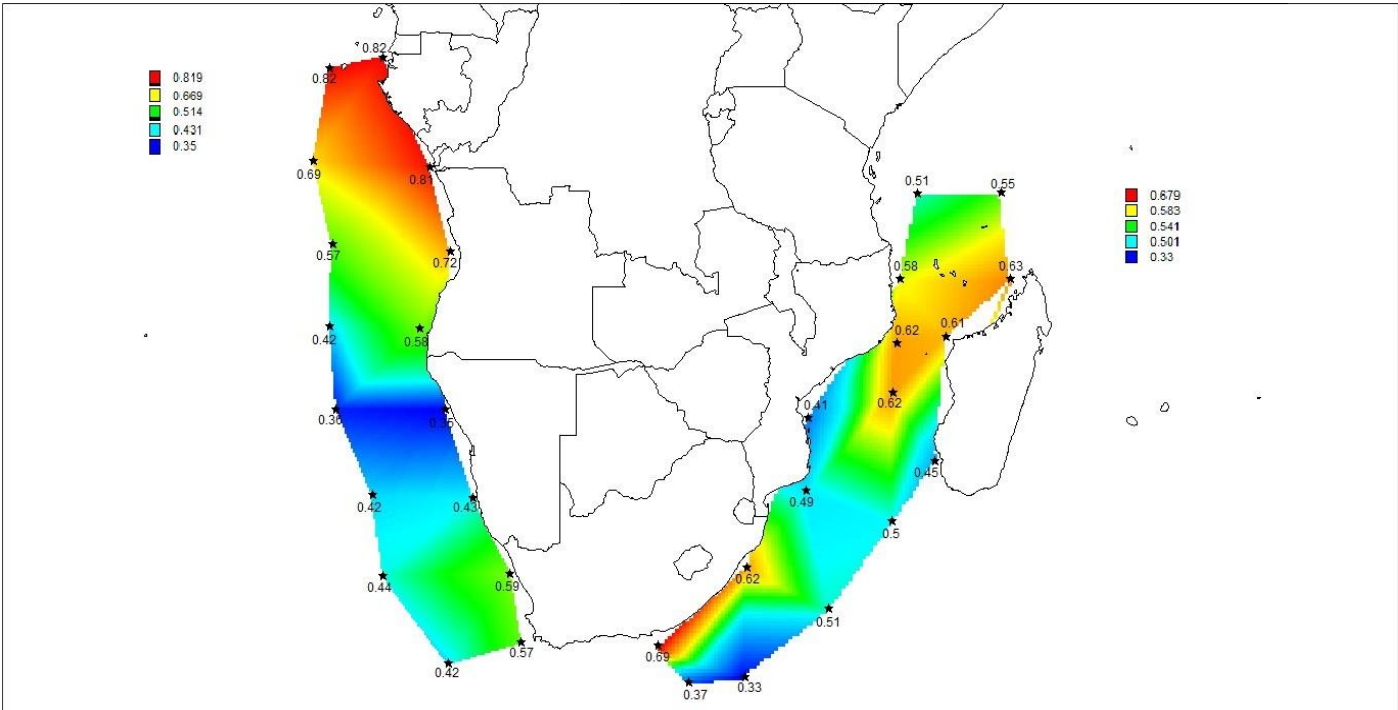


Рисунок 4.1.8. Пространственное распределение ΔT (в $^{\circ}\text{C}$)
для ТПО августа.

Из анализа рис.4.1.8 следует, что наибольший рост средних ТПО, составляющий 0.7°C , имел место в южной части Индийского и 0.8°C в северной части Атлантического океанов. Наименьший рост температур составляет 0.33°C и наблюдается в южной части Индийского океана.

4.2. Климатические изменения ТПО сентября

Результаты аппроксимации временных рядов ТПО сентября моделями нестационарного среднего (линейный тренд и ступенчатые изменения от одного стационарного режима к другому) в виде показателей нестационарности этих моделей приведены в табл. 4.2.1.

Таблица 4.2.1

Показатели нестационарных моделей ТПО сентября.

		$\Delta T, \%$	$\Delta C_T, \%$	R_{Tr}	$T_{ст}$
Station 1	Весь период	24	17	0.65	1995
	1960	17.1	15.2	0.56	1995
	1970	12.2	13.4	0.48	2009
Station 2	Весь период	27.2	19.8	0.69	1972
	1960	17.9	16.1	0.57	2009
	1970	12.1	15.4	0.48	2009
Station 3	Весь период	33.3	24.1	0.75	1977
	1960	23.5	18.5	0.64	2009
	1970	16.3	18.4	0.55	2009
Station 4	Весь период	23.9	17	0.65	1995
	1960	17	15.2	0.56	1995

	1970	12.1	13.1	0.48	2009
Station 5	Весь период	11.5	10.8	0.47	1995
	1960	9.3	10.1	0.42	1995
	1970	7.3	8.4	0.37	1995
Station 6	Весь период	13.4	12.9	0.5	1988
	1960	11.4	11.7	0.46	1988
	1970	8.9	9.4	0.41	1988
Station7	Весь период	17.5	17.7	0.56	1982
	1960	12	14.1	0.48	1991
	1970	14.3	14.9	0.52	1982
Station 8	Весь период	16.5	19.4	0.55	1982
	1960	10.7	15.1	0.45	1982
	1970	18.9	23.8	0.59	1982
Station 9	Весь период	21.4	21.4	0.62	1985
	1960	19.2	19.4	0.59	1985
	1970	25.3	21.4	0.66	1985
Station 10	Весь период	21.3	21.6	0.62	1985
	1960	19.1	19.6	0.59	1985
	1970	24.9	21.5	0.66	1985
Station 11	Весь период	14.9	14.6	0.52	1980
	1960	12.5	12.2	0.48	1980
	1970	12.8	11.6	0.49	1980
Station 12	Весь период	10.6	9.9	0.45	1980
	1960	6.8	6.4	0.36	1980
	1970	7.7	6.8	0.38	1980
Station 13	Весь период	21.8	16.8	0.62	1993

	1960	15.7	15.9	0.54	2009
	1970	16.4	16.8	0.55	2009
Station 14	Весь период	16.7	14.1	0.55	1983
	1960	14.6	13.2	0.52	2007
	1970	11.6	12.1	0.47	2007
Station 15	Весь период	22.4	19.1	0.63	2003
	1960	18	19.1	0.57	2003
	1970	17	18.7	0.56	2003
Station 16	Весь период	29.3	28.4	0.71	1984
	1960	26.2	25.7	0.67	1984
	1970	28.5	24.9	0.7	1984
Station 17	Весь период	29.3	28.4	0.71	1984
	1960	26.2	25.7	0.67	1984
	1970	28.5	24.9	0.7	1984
Station 18	Весь период	14.7	13.1	0.52	1973
	1960	6.8	9.4	0.36	2003
	1970	7	10.2	0.37	2003
Station 19	Весь период	10.9	11.4	0.45	1971
	1960	4.1	5.1	0.28	2007
	1970	2.4	4.5	0.22	2007
Station 20	Весь период	7.9	9.3	0.39	1972
	1960	3	4	0.24	2007
	1970	2.2	3.7	0.21	2007
Station 21	Весь период	7	8.9	0.37	1972
	1960	4.1	5.6	0.28	1972
	1970	3.8	4.7	0.27	1980

Station 22	Весь период	14.6	15	0.52	1972
	1960	9.4	10.2	0.42	1983
	1970	8.2	8.7	0.4	1983
Station 23	Весь период	16.8	16.9	0.56	1972
	1960	9.6	9.9	0.43	1987
	1970	8	8.2	0.39	2003
Station 24	Весь период	14.5	12.2	0.52	1986
	1960	9.2	12.3	0.42	2004
	1970	12.4	14.3	0.48	2004
Station 25	Весь период	28	21.1	0.69	1972
	1960	19.6	16.2	0.59	1997
	1970	13.5	14.1	0.5	2009
Station 26	Весь период	37.4	28.8	0.78	1977
	1960	29	21.5	0.7	1977
	1970	20.4	17.5	0.6	2007
Station 27	Весь период	24	17	0.65	1995
	1960	17.1	15.2	0.56	1995
	1970	11.8	12.8	0.47	2009
Station 28	Весь период	16.4	14.6	0.55	1995
	1960	14.8	14.6	0.52	1995
	1970	11.3	11.9	0.46	1995
Station 29	Весь период	15.6	16	0.54	1988
	1960	14.3	15	0.52	1988
	1970	11.1	12.1	0.46	1988
Station 30	Весь период	12.9	15.4	0.49	1982
	1960	9	12.7	0.42	1982

	1970	8.2	12.5	0.4	1982
Station 31	Весь период	5.8	8.4	0.34	1985
	1960	1.8	5.5	0.19	1985
	1970	13.6	20.4	0.5	1985
Station 32	Весь период	6.2	8.3	0.35	1985
	1960	2.1	5.4	0.21	1985
	1970	17	21.3	0.56	1985
Среднее		13.5	13.6	0.5	

В таблице 4.2.1. ярким шрифтом выделены случаи эффективных нестационарных моделей (ΔTr или $\Delta ст \geq 10\%$) и статистически значимых коэффициентов корреляции уравнения линейного тренда R_{Tr} . Как следует из результатов, из 32 рядов модель линейного эффективна в 20 случаях, а коэффициенты корреляции уравнения тренда со временем статистически значимы для всех 31 рядов и не статистически значимы для одного ряда. Модель ступенчатых изменений эффективна в 24 случаях. В среднем показатель эффективности модели линейного тренда $\Delta Tr = 13.5\%$, а модель ступенчатых изменений $\Delta ст = 13.6\%$. Для эффективных нестационарных моделей установленный год ступенчатых изменений варьирует от 1972 до 2009 и в среднем равен 1992 г. .

Графики всех нестационарных временных рядов ТПО сентября со ступенчатым ростом температуры в 1977 и 1984 г., аппроксимированные моделью ступенчатых изменений приведены на рисунок 4.2.1. – 4.2.4.

Пространственные распределения $\Delta Tr, \%$, $\Delta ст, \%$ и R_{Tr} показаны на рисунок 4.2.5. – 4.2.7.

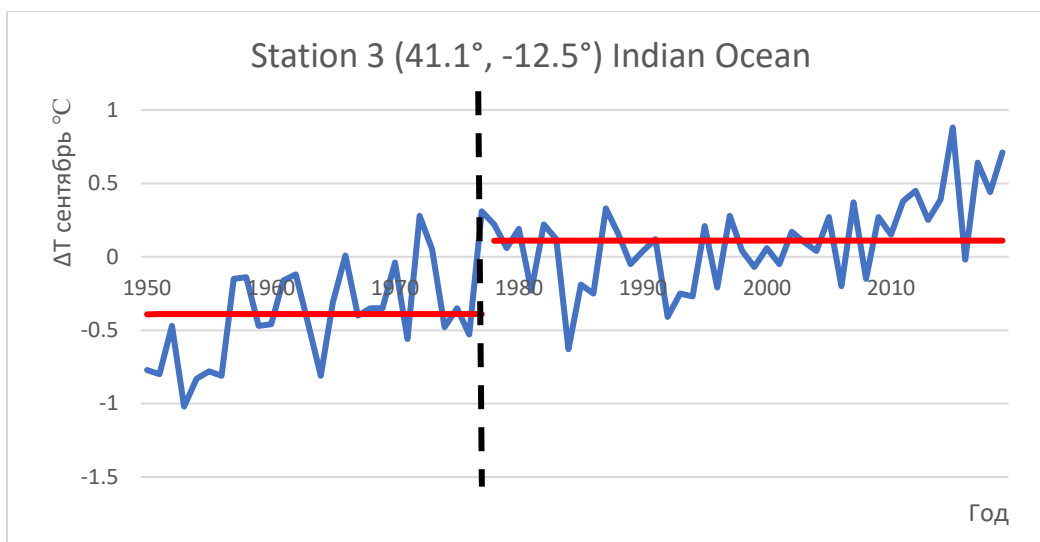


Рисунок 4.2.1. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 3 (Индийский океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

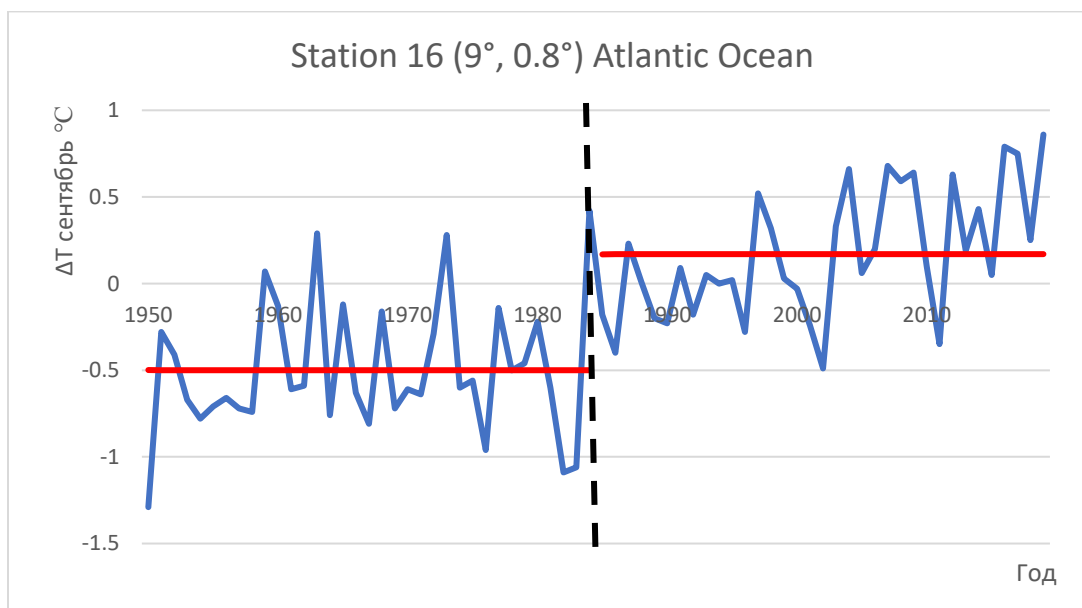


Рисунок 4.2.2. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 16 (Атлантический океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

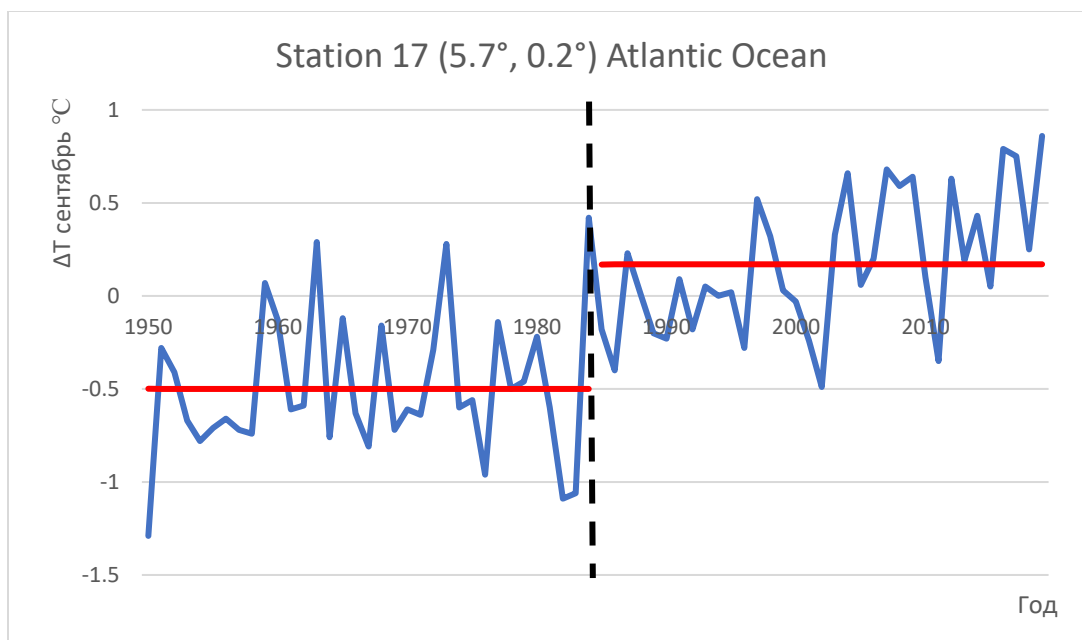


Рисунок 4.2.3. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 17 (Атлантический океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

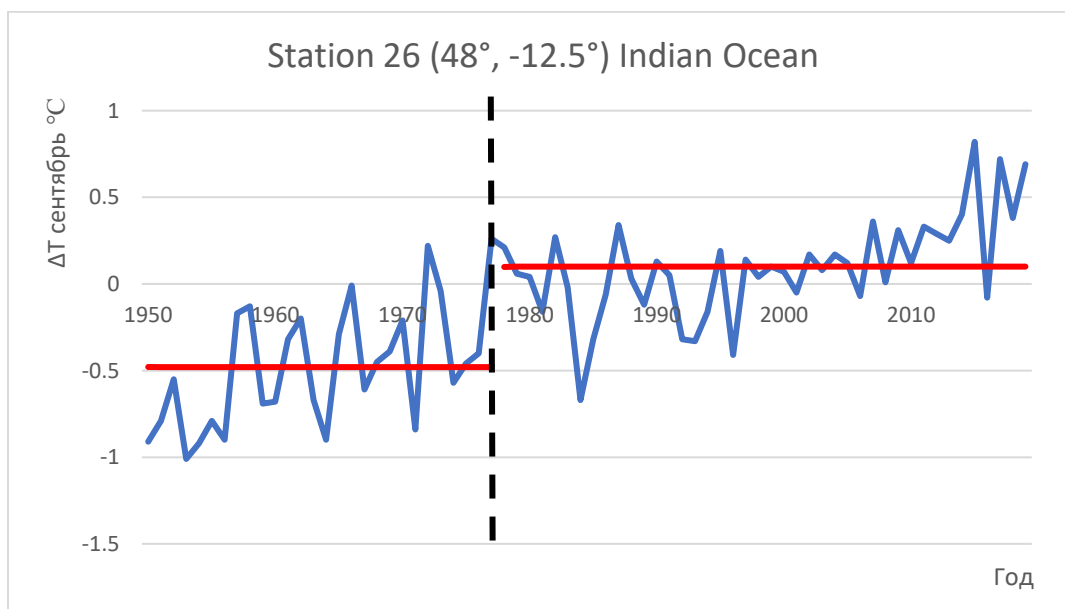


Рисунок 4.2.4. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 26 (Индийский океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

Пространственное распределение показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1950 г., где сверху вниз: $\Delta Tr, \%$, $\Delta St, \%$ и R_{Tr} .

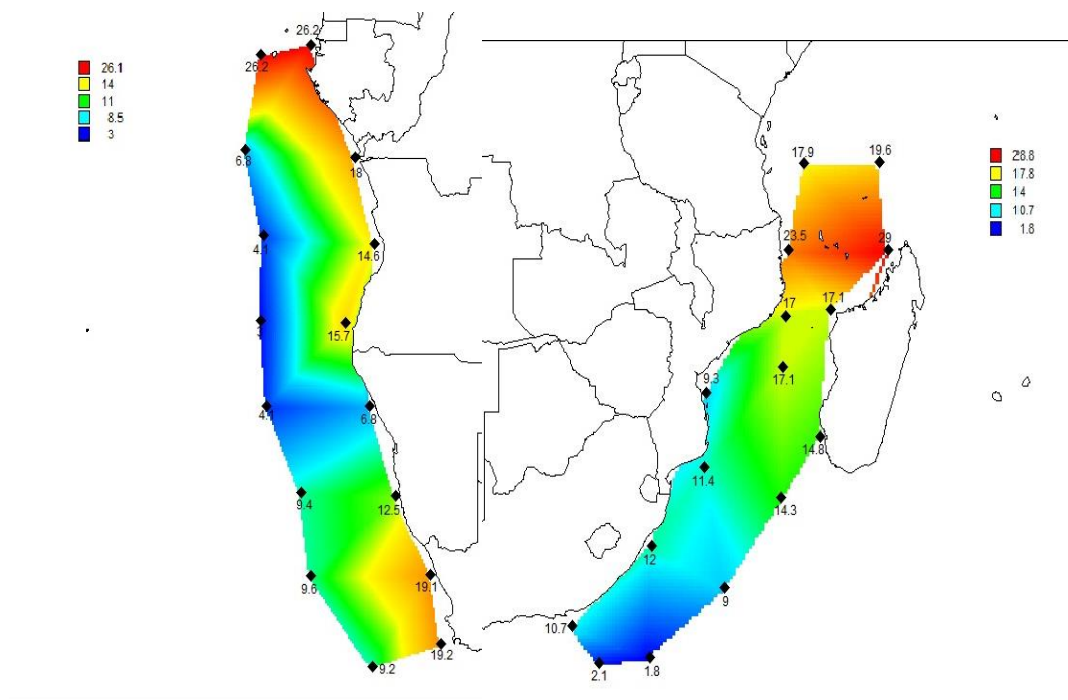


Рисунок 4.2.5. Пространственное распределение показателей нестационарных моделей $\Delta Tr, \%$ ТПО сентября.

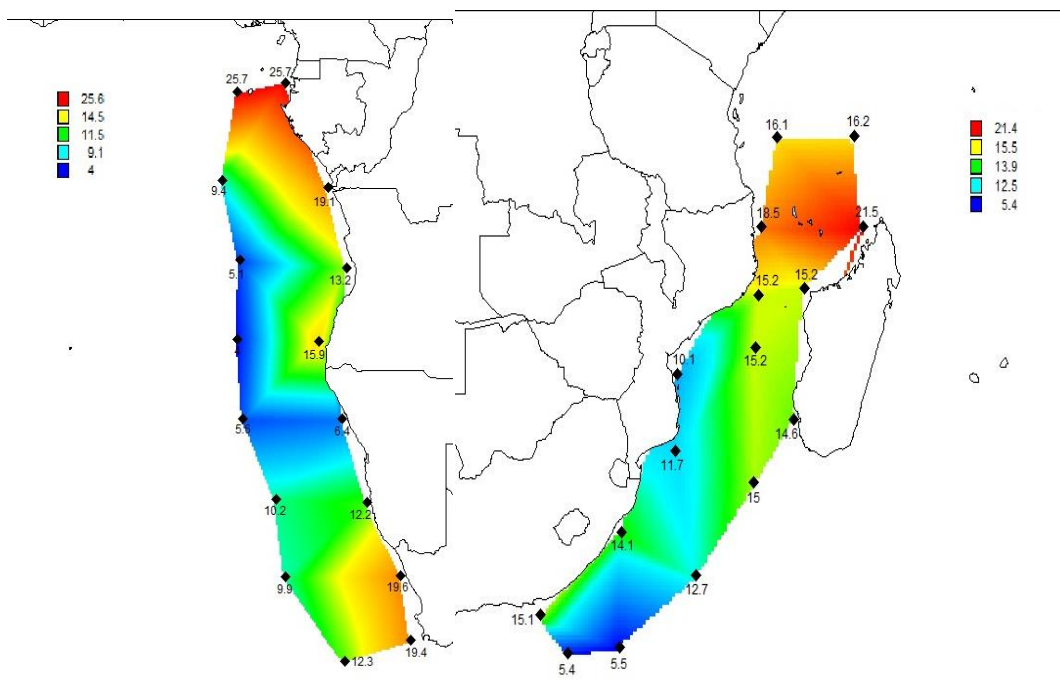


Рисунок 4.2.6. Пространственное распределение показателей нестационарных моделей $\Delta St, \% \text{ ТПО}$ сентября.

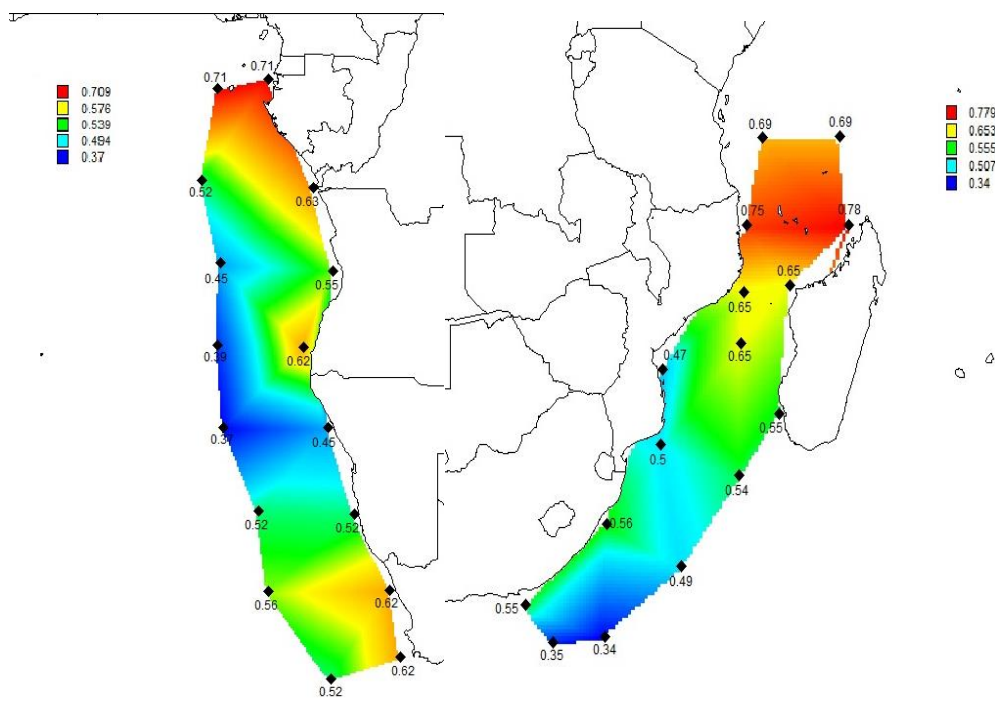


Рисунок 4.2.7. Пространственное распределение показателей нестационарных моделей $R_{tr} \text{ ТПО}$ сентября.

Как следует из рисунок 4.2.5. – 4.2.7. ΔT имеет наибольшее значение в северной части Атлантического океана, а наименьшее значение в центральной части океана. ΔT имеет наибольшее значение в северной части Индийского океана, а наименьшее значение в южной части Индийского океана.

Для количественной оценки изменения ТПО были рассчитаны разности (ΔT) между средними многолетними значениями ТПО второй (T_{cp2}) и первой (T_{cp1}) частей временного ряда, т.е. до и после года ступенчатого перехода. Значения средних ТПО и их разностей в $^{\circ}\text{C}$ приведены в табл. 4.122, а пространственное распределение ΔT в $^{\circ}\text{C}$ – на рис.4.2.8.

Таблица 4.2.2

Средние многолетние ТПО сентября за два стационарных периода и их разности (в $^{\circ}\text{C}$)

Код станции	Станция	Средняя температура, T_{cp2} , $^{\circ}\text{C}$	Средняя температура, T_{cp1} , $^{\circ}\text{C}$	$T_{cp2} - T_{cp1}$, ΔT
10001	Station 1	0.23	-0.21	0.44
10002	Station 2	0.08	-0.39	0.47
10003	Station 3	0.11	-0.39	0.50
10004	Station 4	0.23	-0.21	0.44
10005	Station 5	0.17	-0.15	0.32
10006	Station 6	0.08	-0.25	0.33
10007	Station 7	0.11	-0.43	0.54

10008	Station 8	0.11	-0.51	0.62
10009	Station 9	0.11	-0.44	0.55
10010	Station 10	0.12	-0.44	0.66
10011	Station 11	0.03	-0.37	0.40
10012	Station 12	0.04	-0.31	0.35
10013	Station 13	0.19	-0.30	0.49
10014	Station 14	0.14	-0.45	0.59
10015	Station 15	0.40	-0.30	0.70
10016	Station 16	0.17	-0.5	0.65
10017	Station 17	0.17	-0.5	0.65
10018	Station 18	0.01	-0.59	0.60
10019	Station 19	0.001	-0.56	0.56
10020	Station 20	0.0	-0.33	0.33
10021	Station 21	-0.01	-0.28	0.27
10022	Station 22	-0.03	-0.36	0.33
10023	Station 23	-0.01	-0.43	0.42
10024	Station 24	0.1	-0.33	0.43
10025	Station 25	0.1	-0.45	0.55
10026	Station 26	0.1	-0.48	0.58

10027	Station 27	0.23	-0.21	0.24
10028	Station 28	0.21	-0.2	0.41
10029	Station 29	0.12	-0.29	0.41
10030	Station 30	0.03	-0.37	0.40
10031	Station 31	0.06	-0.29	0.35
10032	Station 32	0.1	-0.28	0.38

Из анализа рис.4.2.8. следует, что наибольший рост средних ТПО, составляющий 0.6°C , имел место в южной части Индийского и 0.7°C в северной части Атлантического океанов. Наименьший рост температур составляет 0.24°C и наблюдается в центральной части Индийского океана.

4.3. Климатические изменения ТПО октября

Результаты аппроксимации временных рядов ТПО октября моделями нестационарного среднего (линейный тренд и ступенчатые изменения от одного стационарного режима к другому) в виде показателей нестационарности этих моделей приведены в табл. 4.3.1.

Таблица 4.3.1.

Показатели нестационарных моделей ТПО октября.

		$\Delta T, \%$	$\Delta C_T, \%$	R_{tr}	$T_{ст}$
Station 1	Весь период	18.9	13.8	0.59	1977
	1960	12.8	12	0.49	2005
	1970	9.9	12	0.43	2005
Station 2	Весь период	25.9	18.4	0.67	1977
	1960	15.8	18.3	0.54	2009
	1970	13.2	17.8	0.5	2009
Station 3	Весь период	29.9	22.7	0.71	1977
	1960	19.8	18	0.6	2009
	1970	15.5	17.9	0.54	2009

Station 4	Весь период	18.8	13.8	0.58	1977
	1960	12.7	11.9	0.49	2005
	1970	9.8	11.9	0.43	2005
Station 5	Весь период	7.5	8	0.38	1995
	1960	7	7.5	0.37	1995
	1970	4.4	6.4	0.29	1995
Station 6	Весь период	8.3	8.1	0.4	1969
	1960	7.6	6.9	0.38	1976
	1970	4.5	5.3	0.3	1995
Station7	Весь период	8.7	8.6	0.41	2001
	1960	7.3	8.1	0.38	2001
	1970	7.2	8.4	0.37	2001
Station 8	Весь период	22.1	21.2	0.63	1997
	1960	18.1	20.5	0.57	1997
	1970	20.2	21.6	0.6	1997
Station 9	Весь период	22.6	24.6	0.63	1997
	1960	19.7	23.7	0.6	1997
	1970	24.6	24.9	0.66	1997
Station 10	Весь период	22.6	24.4	0.63	1997
	1960	19.7	23.5	0.6	1997
	1970	24.5	24.7	0.66	1997
Station 11	Весь период	9.6	11.8	0.43	1999
	1960	5.9	10.7	0.34	1999
	1970	8.6	12	0.41	1999
Station 12	Весь период	13.9	12.8	0.51	1997
	1960	10.6	11.4	0.45	1997

	1970	11.6	11.1	0.47	1997
Station 13	Весь период	28.7	26.8	0.7	1992
	1960	31.9	26.5	0.73	1992
	1970	31.6	24.2	0.73	2003
Station 14	Весь период	18.2	17.6	0.57	1993
	1960	25.2	19.8	0.66	1993
	1970	20.1	15.9	0.6	2007
Station 15	Весь период	22.1	22.1	0.63	2003
	1960	26.5	23.7	0.68	2003
	1970	25.4	22.9	0.67	2003
Station 16	Весь период	24.9	21.8	0.66	1993
	1960	19	21.2	0.59	2003
	1970	22.3	22.5	0.63	2003
Station 17	Весь период	24.9	21.8	0.66	1993
	1960	19	21.2	0.59	2003
	1970	22.3	22.5	0.63	2003
Station 18	Весь период	19.8	21.6	0.6	1979
	1960	12.1	15.8	0.48	1981
	1970	13.9	18.3	0.51	1981
Station 19	Весь период	20.7	22.2	0.61	1980
	1960	19.5	21.3	0.59	1980
	1970	13.2	14.8	0.5	1980
Station 20	Весь период	19.4	19.5	0.59	1981
	1960	17.5	17.1	0.56	1981
	1970	12.6	12	0.49	1981
Station 21	Весь период	8.3	7.6	0.4	1981

	1960	4.7	6	0.3	1999
	1970	5.2	6.1	0.32	1999
Station 22	Весь период	10.3	9.9	0.44	1999
	1960	5.6	8.3	0.33	2002
	1970	5.9	8.2	0.34	2002
Station 23	Весь период	16.6	16.8	0.55	1962
	1960	6.3	8	0.35	2002
	1970	7	8	0.37	2002
Station 24	Весь период	11	15	0.46	1962
	1960	2.8	5	0.24	2003
	1970	7.4	8	0.38	1986
Station 25	Весь период	22.7	15.7	0.63	1977
	1960	14.3	15.5	0.52	2009
	1970	12.6	14.9	0.49	2009
Station 26	Весь период	29.6	22.7	0.71	1977
	1960	20.6	17.4	0.61	2009
	1970	15.9	17.2	0.54	2009
Station 27	Весь период	18.5	13.8	0.58	1977
	1960	12.5	11.7	0.48	2005
	1970	9.5	11.7	0.43	2005
Station 28	Весь период	9.6	10.5	0.43	1995
	1960	9.2	10	0.42	1995
	1970	7.1	9.3	0.37	1995
Station 29	Весь период	8	7.7	0.39	1995
	1960	9	7.9	0.42	1995
	1970	6.3	8	0.35	2000

Station 30	Весь период	7.6	10.3	0.38	1982
	1960	5.6	8.9	0.33	1982
	1970	3	7.1	0.24	1982
Station 31	Весь период	13.2	14.8	0.5	1982
	1960	7.9	12.1	0.39	1982
	1970	5.8	11.1	0.33	1982
Station 32	Весь период	16.5	16.7	0.55	1980
	1960	11.2	13.8	0.46	1982
	1970	8.9	11.7	0.41	1982
Среднее		13.7	14.5	0.5	

В таблице 4.3.1. ярким шрифтом выделены случаи эффективных нестационарных моделей (ΔTr или $\Delta ст \geq 10\%$) и статистически значимых коэффициентов корреляции уравнения линейного тренда R_{Tr} . Как следует из результатов, из 32 рядов модель линейного эффективна в 20 случаях, а коэффициенты корреляции уравнения тренда со временем статистически значимы для всех 32 рядов. Модель ступенчатых изменений эффективна в 23 случаях. В среднем показатель эффективности модели линейного тренда $\Delta Tr = 13.7\%$, а модель ступенчатых изменений $\Delta ст = 14.5\%$. Для эффективных нестационарных моделей установленный год ступенчатых изменений варьирует от 1976 до 2009 и в среднем равен 1996 г.

Графики нестационарных временных рядов ТПО октября со ступенчатым ростом температуры в 1977,1992 и 2003 г., аппроксимированные моделью ступенчатых изменений приведены на рисунках 4.3.1. – 4.3.4.

Пространственные распределения $\Delta T_p, \%$, $\Delta T_{st}, \%$ и R_{tr} показаны на рисунок 4.3.5. – 4.3.7.

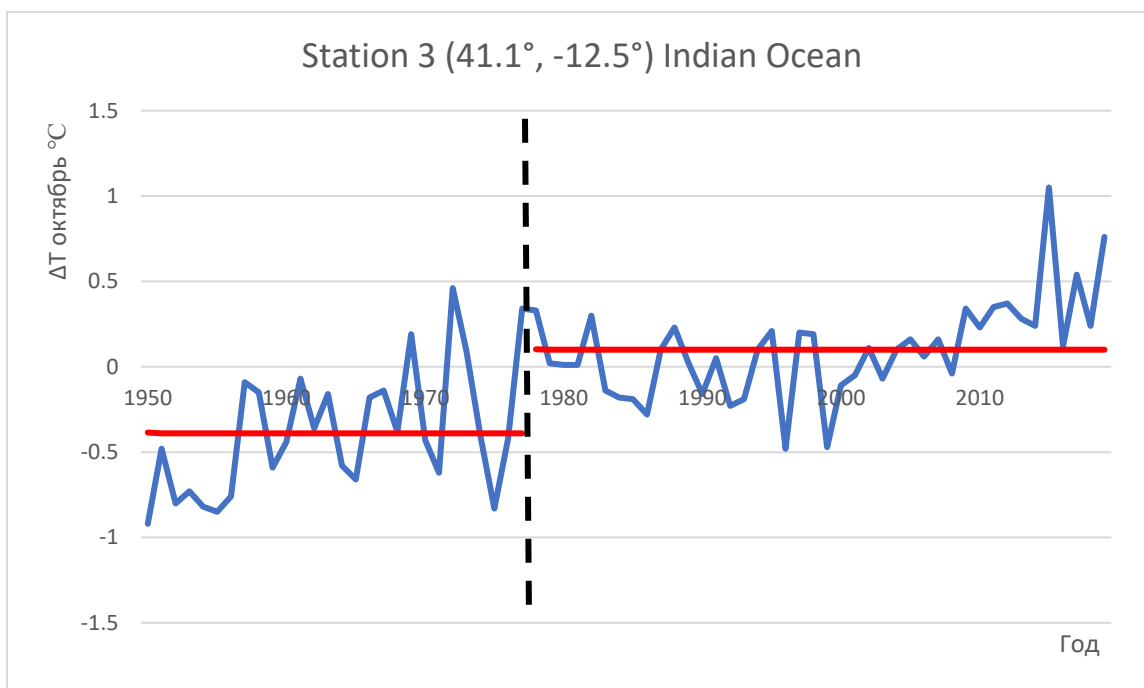


Рисунок 4.3.1. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 3 (Индийский океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

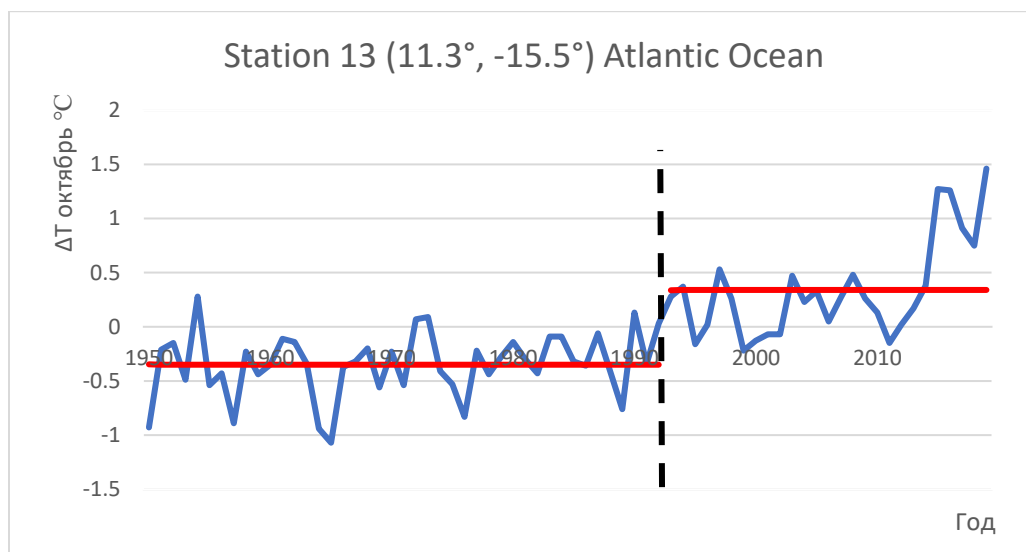


Рисунок 4.3.2. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 13 (Атлантический океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

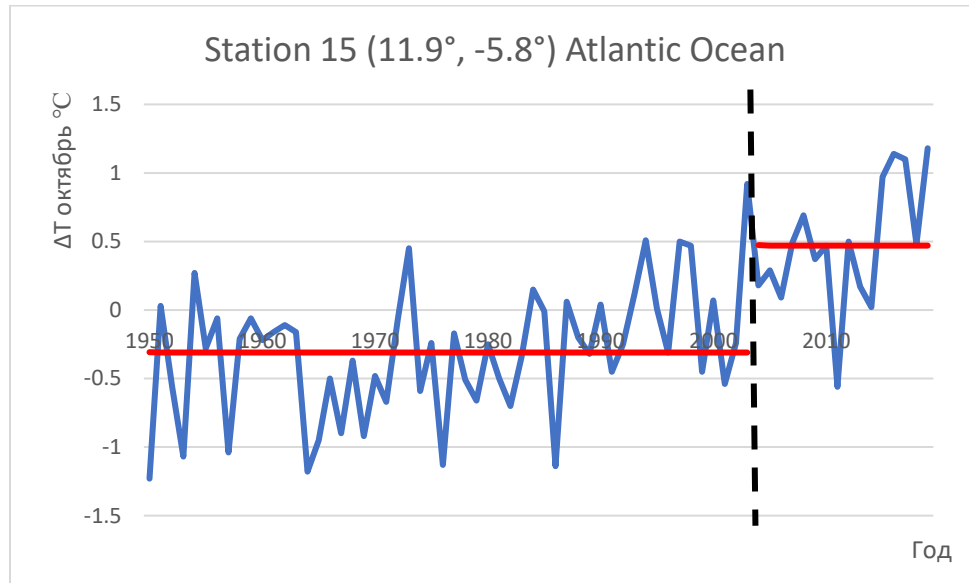


Рисунок 4.3.3. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 15 (Атлантический океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

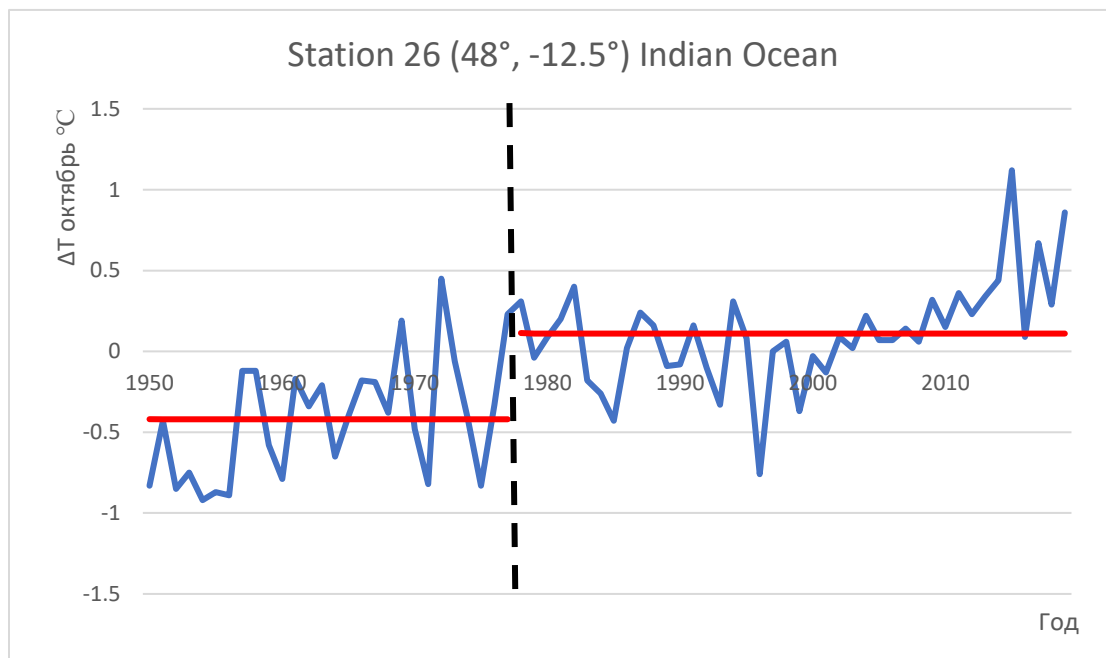


Рисунок 4.3.4. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 26 (Атлантический океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

Пространственные распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1950 г. на рис.4.3.5-4.3.7, где сверху вниз: $\Delta Tr, \%$, $\Delta St, \%$ и R_{tr} .

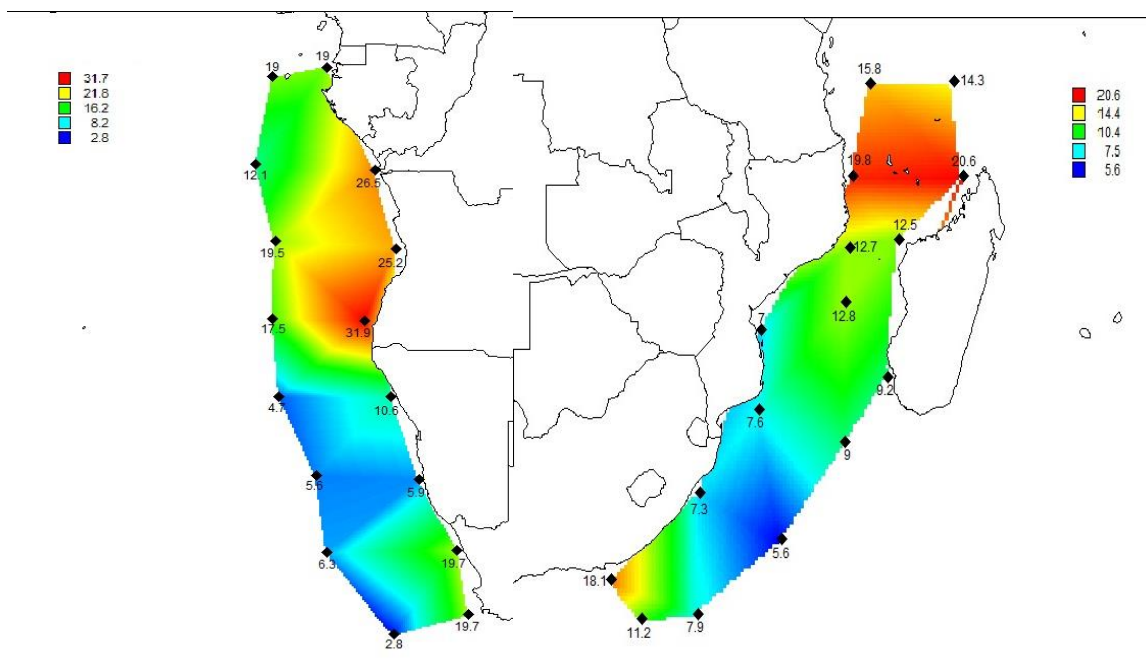


Рисунок 4.3.5. Пространственное распределение показателей нестационарных моделей $\Delta Tr, \%$ ТПО октября.

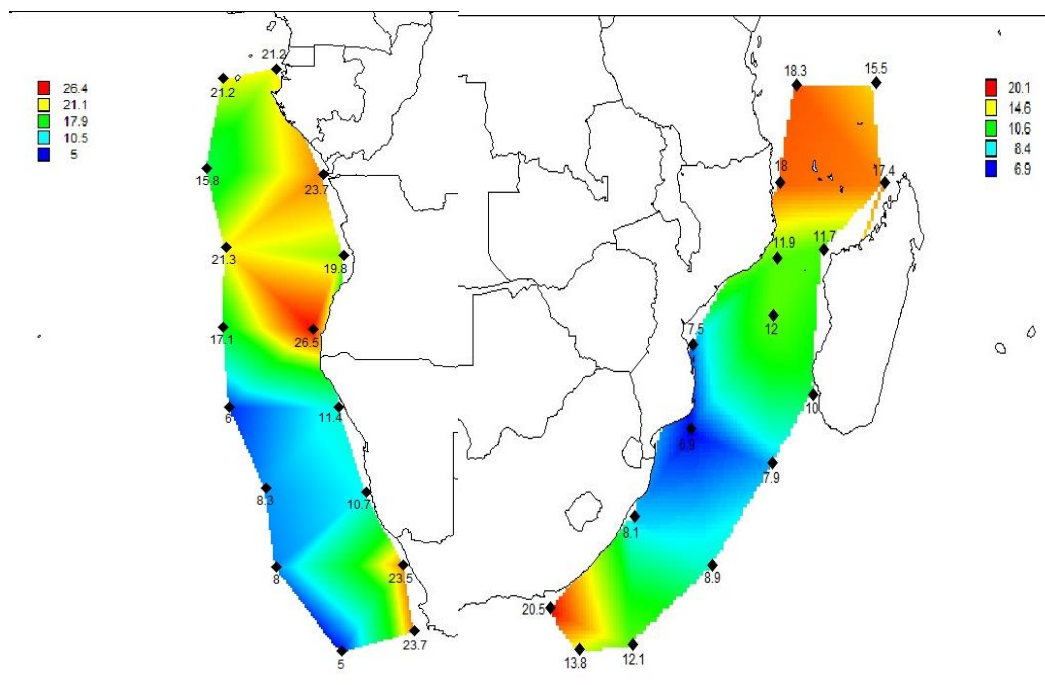


Рисунок 4.3.6. Пространственное распределение показателей нестационарных моделей $\Delta St, \% ТПО$ октября.

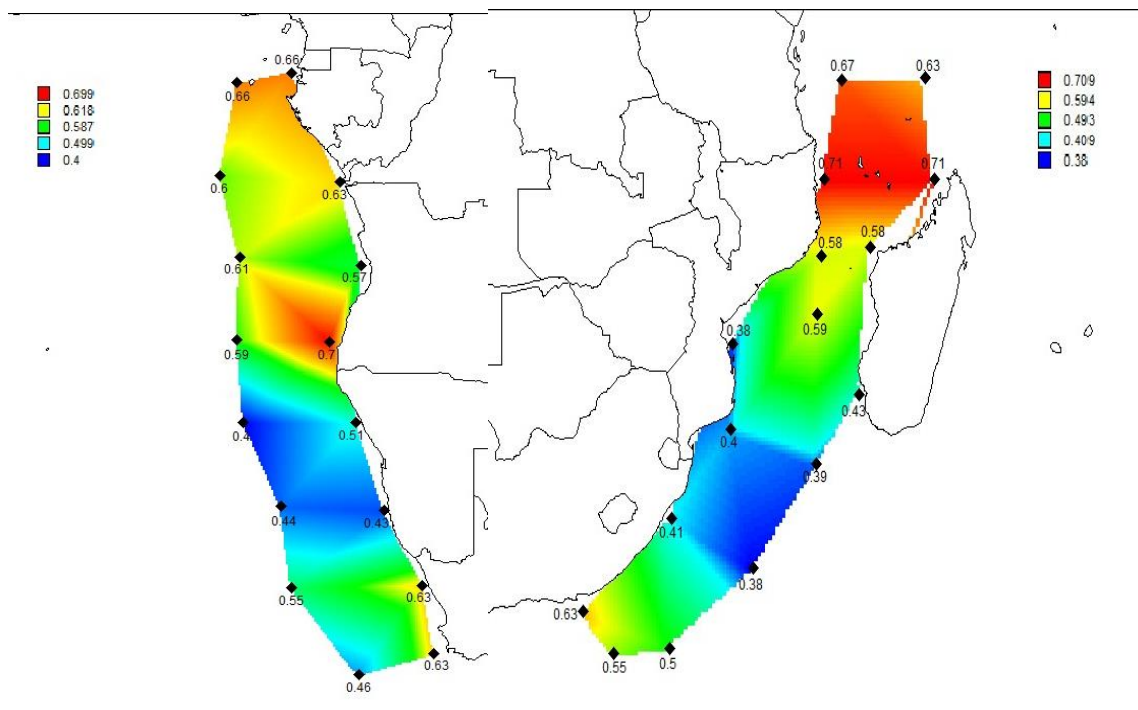


Рисунок 4.3.7. Пространственное распределение показателей нестационарных моделей R_{tr} ТПО октября.

Как следует из рисунок 4.3.5. – 4.3.7. $\Delta T_{тр}$ имеет наибольшее значение в средине части Атлантического океана, а наименьшее значение в южной части океана. $\Delta T_{тр}$ имеет наибольшее значение в северной части Индийского океана, а наименьшее значение в южной части Индийского океана.

Для количественной оценки изменения ТПО были рассчитаны разности (ΔT) между средними многолетними значениями ТПО второй ($T_{ср2}$) и первой ($T_{ср1}$) частей временного ряда, т.е. до и после года ступенчатого перехода. Значения средних ТПО и их разностей в $^{\circ}\text{C}$ приведены в табл. 4.3.2, а пространственное распределение ΔT в $^{\circ}\text{C}$ – на рис.4.3.8.

Таблица 4.3.2

Средние многолетние ТПО октября за два стационарных периода и их разности (в $^{\circ}\text{C}$)

Код станции	Станция	Средняя температура, $T_{ср2}$, $^{\circ}\text{C}$	Средняя температура, $T_{ср1}$, $^{\circ}\text{C}$	$T_{ср2} - T_{ср1}$, ΔT
10001	Station 1	0.1	-0.30	0.40
10002	Station 2	0.11	-0.35	0.46
10003	Station 3	0.1	-0.39	0.49
10004	Station 4	0.1	-0.30	0.40
10005	Station 5	0.16	-0.17	0.33
10006	Station 6	0.0	-0.34	0.34
10007	Station 7	0.22	-0.23	0.45
10008	Station 8	0.30	-0.43	0.73
10009	Station 9	0.26	-0.34	0.60

10010	Station 10	0.26	-0.36	0.62
10011	Station 11	0.18	-0.22	0.40
10012	Station 12	0.16	-0.26	0.42
10013	Station 13	0.34	-0.35	0.69
10014	Station 14	0.40	-0.44	0.84
10015	Station 15	0.47	-0.31	0.78
10016	Station 16	0.27	-0.39	0.66
10017	Station 17	0.27	-0.39	0.66
10018	Station 18	0.02	-0.73	0.75
10019	Station 19	0.07	-0.70	0.77
10020	Station 20	0.04	-0.45	0.49
10021	Station 21	0.02	-0.26	0.28
10022	Station 22	0.17	-0.20	0.37
10023	Station 23	-0.02	-0.57	0.55
10024	Station 24	-0.04	-0.68	0.64
10025	Station 25	0.11	-0.34	0.35
10026	Station 26	0.11	-0.42	0.53
10027	Station 27	0.09	-0.30	0.39
10028	Station 28	0.21	-0.18	0.39
10029	Station 29	0.15	-0.20	0.35
10030	Station 30	0.03	-0.36	0.39
10031	Station 31	0.03	-0.46	0.49
10032	Station 32	0.03	-0.52	0.55

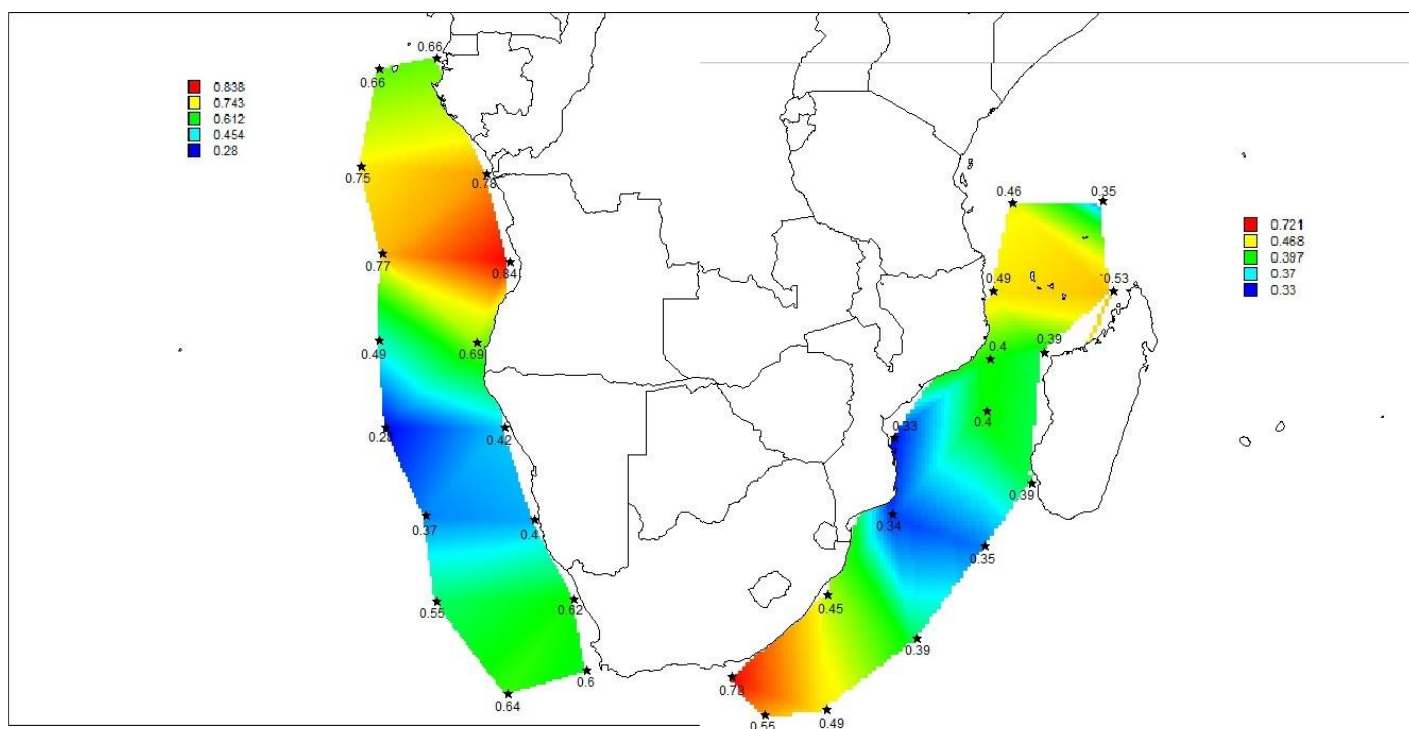


Рисунок 4.3.8. Пространственное распределение ΔT (в $^{\circ}\text{C}$)
для ТПО октября.

Из анализа рис.4.3.8 следует, что наибольший рост средних ТПО, составляющий 0.7°C , имел место в южной части Индийского и 0.8°C в северной части Атлантического океанов. Наименьший рост температур составляет 0.28°C и наблюдается в центральной части Атлантического океана.

4.4. Климатические изменения ТПО ноября

Результаты аппроксимации временных рядов ТПО ноября моделями нестационарного среднего (линейный тренд и ступенчатые изменения от

одного стационарного режима к другому) в виде показателей нестационарности этих моделей приведены в табл. 4.4.1.

Таблица 4.4.1.

Показатели нестационарных моделей ТПО ноября.

		$\Delta T, \%$	$\Delta C_T, \%$	R_{Tp}	$T_{ст}$
Station 1	Весь период	25.1	20.1	0.66	1977
	1960	18.3	17.2	0.58	1995
	1970	16.1	16.1	0.54	1995
Station 2	Весь период	31.2	23.8	0.73	1977
	1960	22.3	20.1	0.63	2008
	1970	16.1	21.5	0.54	2008
Station 3	Весь период	34.2	27.5	0.75	1977
	1960	24.9	20.2	0.66	1977
	1970	20.6	21.9	0.61	2008
Station 4	Весь период	24.9	20	0.66	1977
	1960	17.9	17	0.57	1995
	1970	15.7	15.9	0.54	1995
Station 5	Весь период	14.2	13.9	0.51	1991
	1960	11.1	13.3	0.46	1991
	1970	9.1	12.5	0.42	1995
Station 6	Весь период	12.2	13.7	0.48	1977
	1960	9.2	11.8	0.42	1977
	1970	6.1	11	0.34	1995
Station7	Весь период	13.8	14.9	0.51	1991
	1960	11.2	14.4	0.46	1991

	1970	8.1	12.5	0.39	1991
Station 8	Весь период	18.6	17.7	0.58	1977
	1960	12.9	13.6	0.49	1991
	1970	12.3	12.6	0.48	1991
Station 9	Весь период	10	11.5	0.44	1999
	1960	5.9	9.8	0.34	1999
	1970	10	12.7	0.44	1999
Station 10	Весь период	9.9	11.6	0.43	1999
	1960	5.9	9.9	0.34	1999
	1970	10.1	12.9	0.44	1999
Station 11	Весь период	5.2	7.4	0.32	1997
	1960	2.4	6.3	0.22	1997
	1970	5.8	10	0.33	1997
Station 12	Весь период	7.4	9.6	0.38	1993
	1960	4.7	8.4	0.3	1997
	1970	10.1	12.4	0.44	1993
Station 13	Весь период	20	22	0.6	2003
	1960	20.4	21.3	0.61	2003
	1970	24.9	21.7	0.66	2003
Station 14	Весь период	12.5	15.4	0.48	2003
	1960	15.9	16	0.54	2003
	1970	19.3	16.3	0.59	2003
Station 15	Весь период	18.8	22.5	0.58	2003
	1960	19.9	22	0.6	2003
	1970	22.4	21.6	0.63	2003
Station 16	Весь период	27	24.7	0.68	1997

	1960	20.5	22.7	0.61	1997
	1970	24.8	23.4	0.66	1997
Station 17	Весь период	27	24.7	0.68	1997
	1960	20.5	22.7	0.61	1997
	1970	24.8	23.4	0.66	1997
Station 18	Весь период	16	17.6	0.54	1977
	1960	6.8	10	0.36	1979
	1970	5.8	7.9	0.34	1980
Station 19	Весь период	16.3	13.9	0.55	1981
	1960	10.3	9.7	0.44	1987
	1970	8.6	7.7	0.41	1993
Station 20	Весь период	12.8	13	0.49	1993
	1960	9	10.7	0.41	1993
	1970	10.1	10.9	0.44	1993
Station 21	Весь период	5.2	6	0.32	1997
	1960	2.3	4.6	0.21	1997
	1970	3.9	6.2	0.28	1997
Station 22	Весь период	4.7	7	0.3	1999
	1960	1.9	5.9	0.19	1999
	1970	2.7	7.3	0.23	1999
Station 23	Весь период	8.5	9.7	0.4	1962
	1960	2.6	6	0.22	1999
	1970	2.2	6	0.21	1999
Station 24	Весь период	7.7	10.6	0.38	1963
	1960	2.2	2.6	0.21	1985
	1970	2.5	2.9	0.22	2004

Station 25	Весь период	28	20.5	0.69	2008
	1960	21	20.7	0.61	2008
	1970	17.1	21.5	0.56	2008
Station 26	Весь период	33.4	24.4	0.75	1977
	1960	24.2	21.7	0.65	2006
	1970	21.3	25.1	0.62	2008
Station 27	Весь период	24.6	19.9	0.66	1977
	1960	17.7	16.8	0.57	1995
	1970	15.2	15.6	0.53	1995
Station 28	Весь период	16.7	16.9	0.55	1995
	1960	13.5	17.1	0.5	1995
	1970	12.8	17.1	0.49	1995
Station 29	Весь период	9.9	11.7	0.43	1995
	1960	9	11.8	0.41	1995
	1970	7.4	12.2	0.38	1995
Station 30	Весь период	8.3	14.1	0.4	1977
	1960	5.2	12.6	0.32	1977
	1970	0.8	5.3	0.13	1980
Station 31	Весь период	13.1	17.7	0.5	1980
	1960	8	14.2	0.39	1980
	1970	1.6	8.1	0.18	1980
Station 32	Весь период	16.3	19.7	0.55	1980
	1960	10.4	15.6	0.44	1980
	1970	3.7	9.6	0.27	1980
Среднее		12.1	14	0.4	

В таблице ярким шрифтом выделены случаи эффективных нестационарных моделей (ΔTr или $\Delta\text{ст} \geq 10\%$) и статистически значимых коэффициентов корреляции уравнения линейного тренда $R_{\text{тр}}$. Как следует из результатов, из 32 рядов модель линейного эффективна в 18 случаях, а коэффициенты корреляции уравнения тренда со временем статистически значимы для всех 32 рядов. Модель ступенчатых изменений эффективна в 23 случаях. В среднем показатель эффективности модели линейного тренда $\Delta\text{Tr} = 12.1\%$, а модель ступенчатых изменений $\Delta\text{ст} = 14\%$. Для эффективных нестационарных моделей установленный год ступенчатых изменений варьирует от 1977 до 2008 и в среднем равен 1994 г.

Графики всех нестационарных временных рядов ТПО ноября со ступенчатым ростом температуры в 1977 и 2008 г., аппроксимированные моделью ступенчатых изменений приведены на рисунок 4.4.1. – 4.4.4.

Пространственные распределения $\Delta\text{Tr},\%$, $\Delta\text{ст},\%$ и $R_{\text{тр}}$ показаны на рисунок 4.4.5. – 4.4.7.

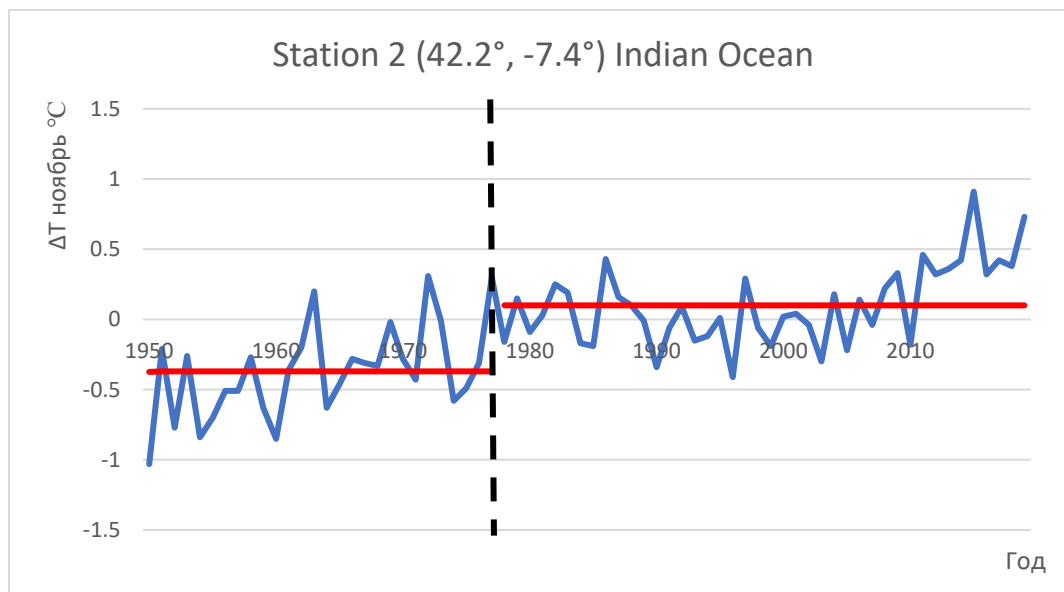


Рисунок 4.4.1. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 2 (Индийский океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

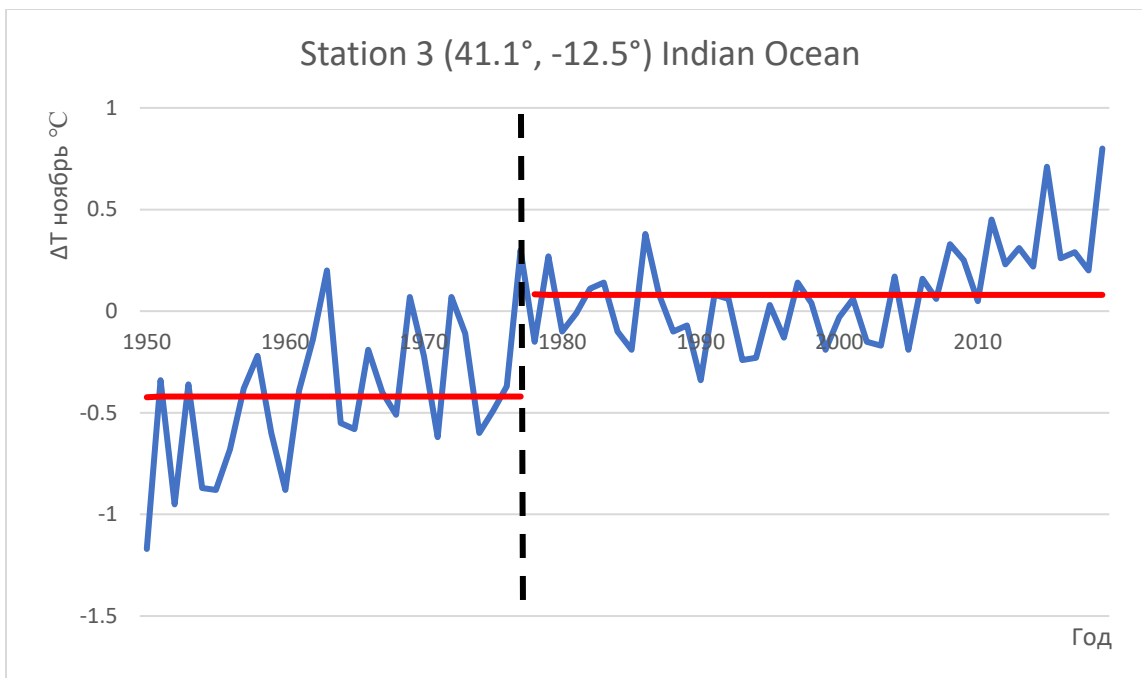


Рисунок 4.4.2. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 3 (Индийский океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

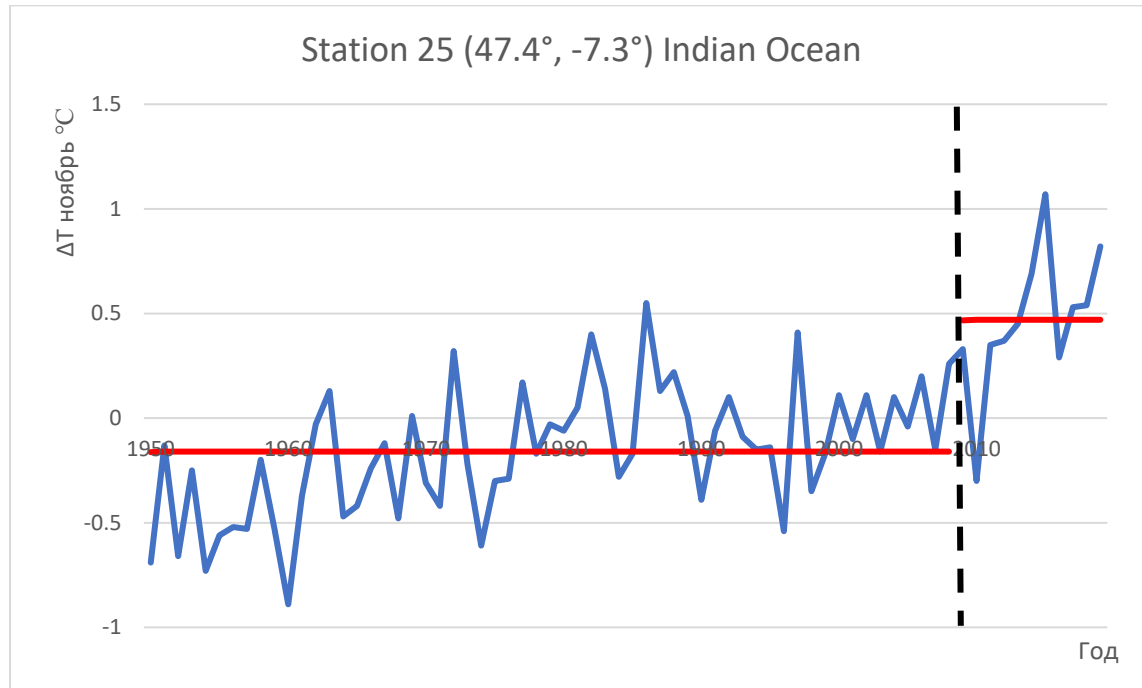


Рисунок 4.4.3. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 25 (Индийский океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

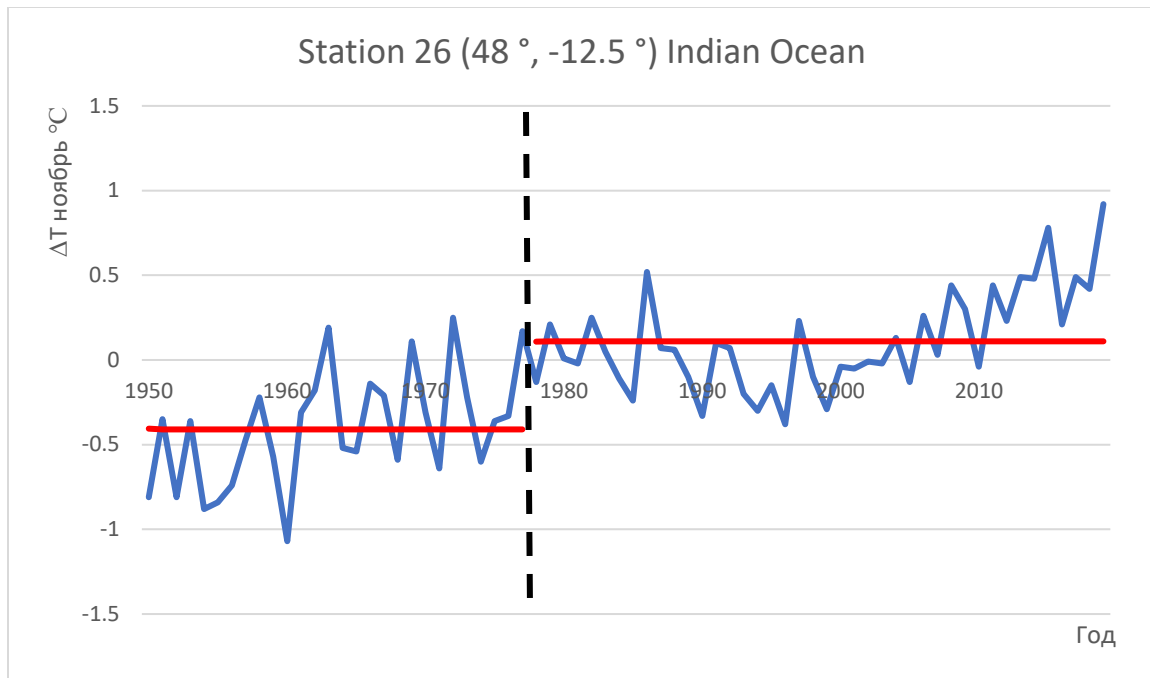


Рисунок 4.4.4. Нестационарный временной ряд ТПО марта в точке 26 (Индийский океан) и его аппроксимация моделью ступенчатых изменений.

Пространственные распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1950 г., приведены на рис.4.4.5-4.4.7, где сверху вниз: $\Delta T_{тр}, \%$, $\Delta C_{тр}, \%$ и $R_{тр}$.

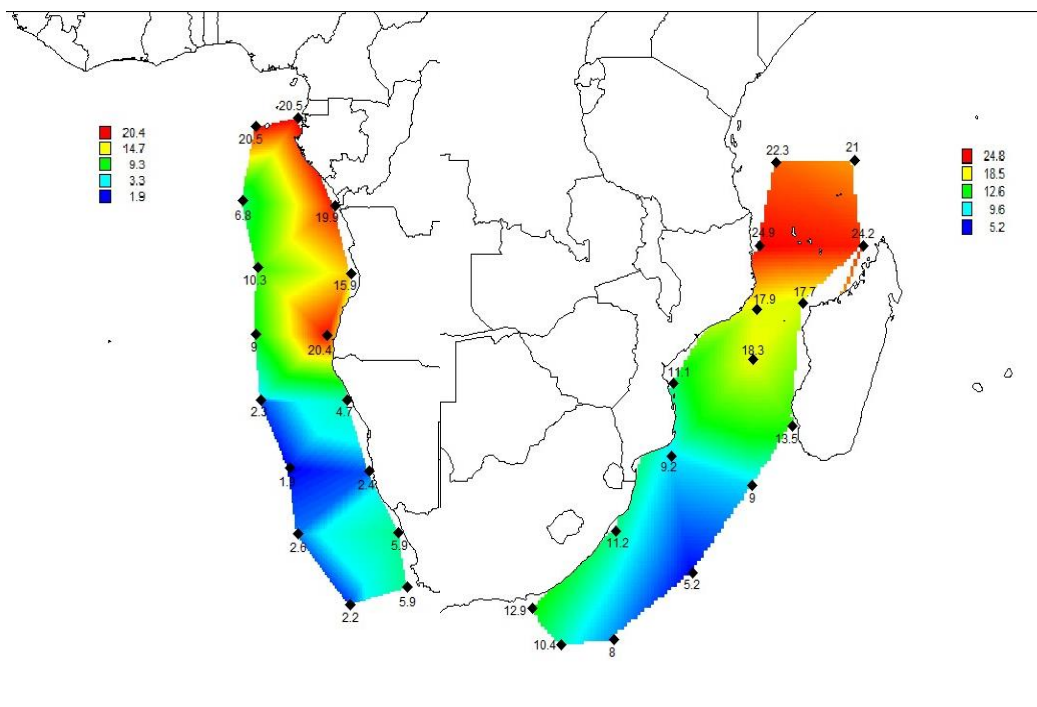


Рисунок 4.4.5. Пространственное распределение показателей нестационарных моделей $\Delta T_p, \%$ ТПО ноября

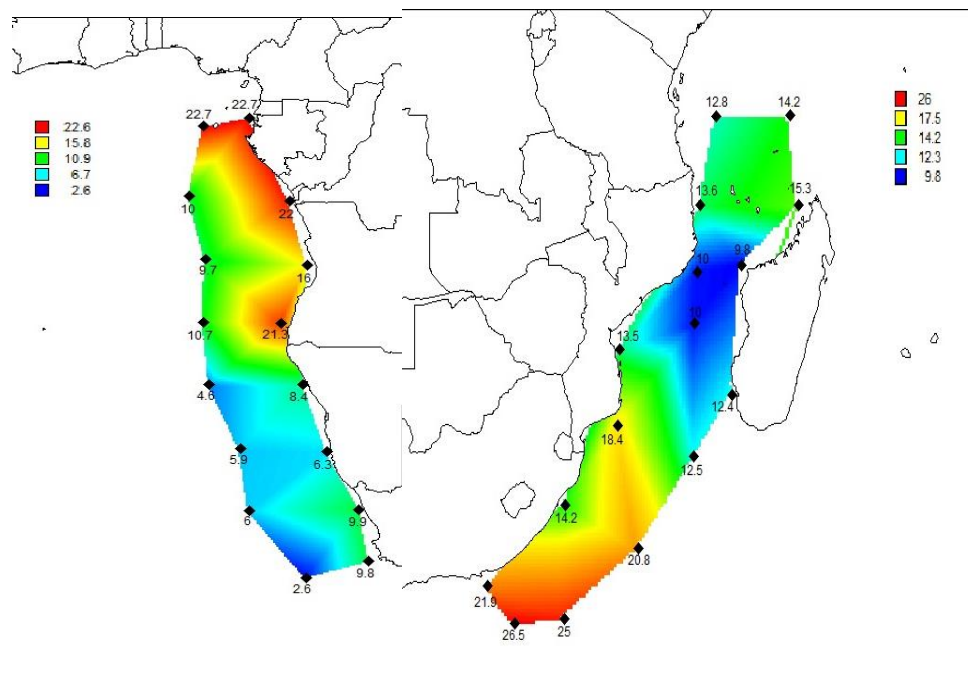


Рисунок 4.4.6. Пространственное распределение показателей нестационарных моделей $\Delta S_t, \%$ ТПО ноября.

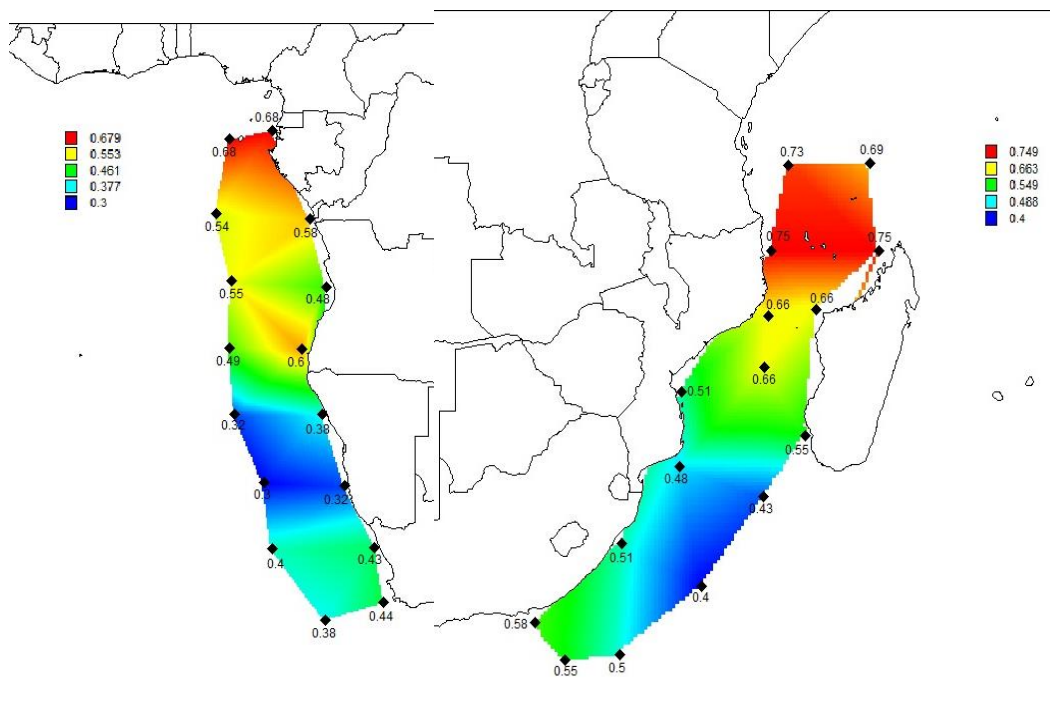


Рисунок 4.4.7. Пространственное распределение показателей нестационарных моделей R_{tr} ТПО ноября.

Как следует из рисунков 4.4.5. – 4.4.7, Δtr имеет наибольшее значение в северной части Атлантического океана, а наименьшее значение в средней части океана. Δtr имеет наибольшее значение в северной части Индийского океана, а наименьшее значение в южной части Индийского океана.

Для количественной оценки изменения ТПО были рассчитаны разности (ΔT) между средними многолетними значениями ТПО второй (T_{cp2}) и первой (T_{cp1}) частей временного ряда, т.е. до и после года ступенчатого перехода. Значения средних ТПО и их разностей в $^{\circ}C$ приведены в табл. 4.4.2, а пространственное распределение ΔT в $^{\circ}C$ – на рис.4.4.8.

Таблица 4.4.2

Средние многолетние ТПО ноября за два стационарных периода и их
разности (в °С)

Код станции	Станция	Средняя температура, T_{cp2} , °С	Средняя температура, T_{cp1} , °С	$T_{cp2} - T_{cp1}$, ΔT
10001	Station 1	0.06	-0.46	0.52
10002	Station 2	0.1	-0.37	0.38
10003	Station 3	0.08	-0.42	0.5
10004	Station 4	0.06	-0.42	0.48
10005	Station 5	0.11	-0.36	0.47
10006	Station 6	-0.03	-0.46	0.43
10007	Station 7	0.06	-0.46	0.52
10008	Station 8	-0.01	-0.62	0.61
10009	Station 9	0.24	-0.25	0.49
10010	Station 10	0.24	-0.25	0.49
10011	Station 11	0.19	-0.19	0.38
10012	Station 12	0.26	-0.2	0.46
10013	Station 13	0.56	-0.19	0.75
10014	Station 14	0.68	-0.21	0.89
10015	Station 15	0.55	-0.24	0.79
10016	Station 16	0.31	-0.31	0.62
10017	Station 17	0.31	-0.31	0.62
10018	Station 18	0.001	-0.69	0.69
10019	Station 19	0.08	-0.53	0.61

10020	Station 20	0.2	-0.26	0.46
10021	Station 21	0.14	-0.17	0.31
10022	Station 22	0.16	-0.16	0.32
10023	Station 23	-0.01	-0.44	0.43
10024	Station 24	-0.02	-0.46	0.44
10025	Station 25	0.47	-0.16	0.63
10026	Station 26	0.11	-0.41	0.42
10027	Station 27	0.05	-0.42	0.47
10028	Station 28	0.18	-0.33	0.51
10029	Station 29	0.12	-0.32	0.44
10030	Station 30	-0.08	-0.53	0.45
10031	Station 31	-0.05	-0.55	0.50
10032	Station 32	-0.03	-0.60	0.57

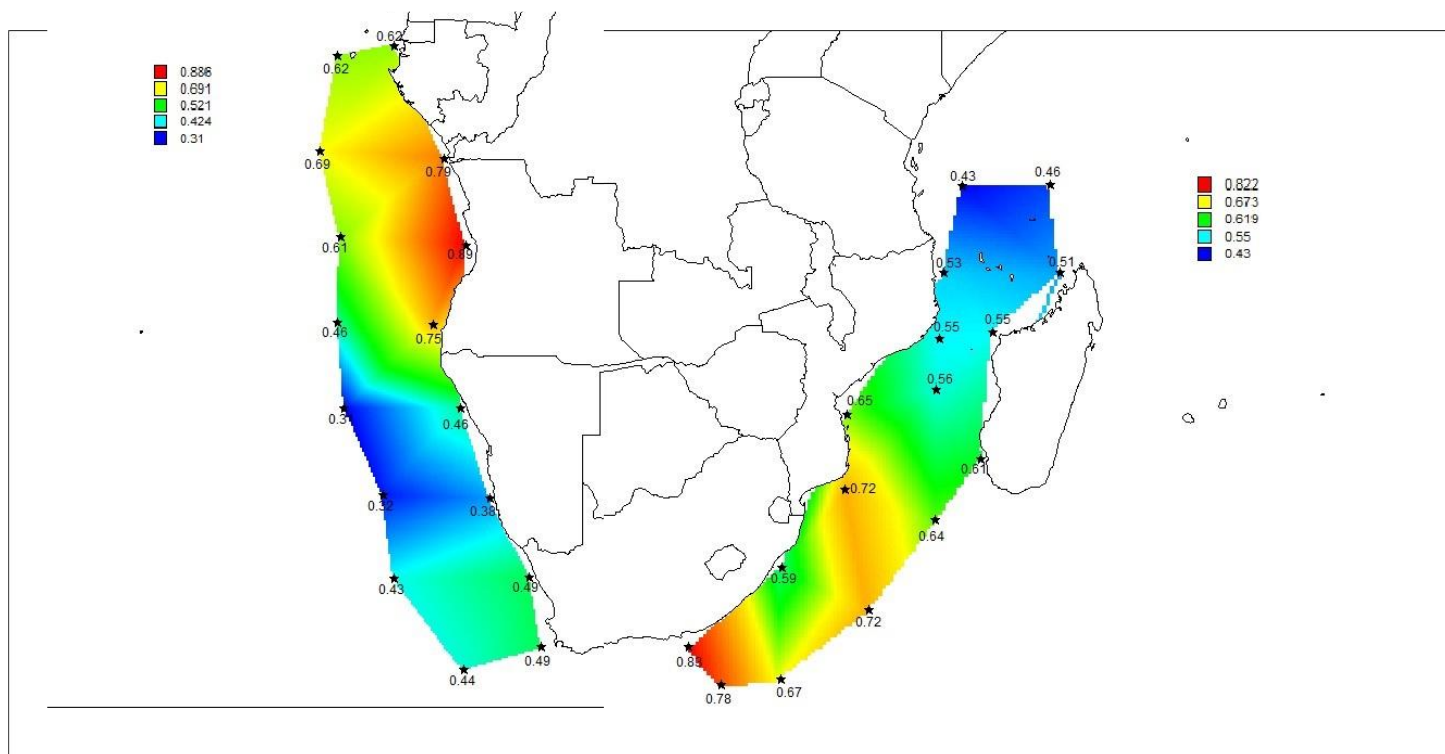


Рисунок 4.4.8. Пространственное распределение ΔT (в °C)
для ТПО ноября.

Из анализа рис.4.4.8 следует, что наибольший рост средних ТПО, составляющий 0.8°C , имел место в южной части Индийского и 0.9°C в северной части Атлантического океанов. Наименьший рост температур составляет 0.28°C и наблюдается в центральной и южной частях Атлантического океана.

Заключение

В результате выполненной работы можно сделать следующие выводы.

1. Для рассматриваемой акватории от экватора до южной оконечности Африканского континента средняя многолетняя среднегодовая температура в Атлантическом океане изменяется от 25 до 15°C (при изменении максимальной от 28 до 19 °C, минимальной от 18 до 14°C), а в Индийском океане ТПО изменяется от 27 до 19°C (при изменении максимальной от 29 до 25 °C, минимальной от 21 до 17°C). При этом годовой максимум температуры наблюдается в феврале, а минимум – в августе.
2. При аппроксимации временных рядов ТПО линейным трендом и моделью ступенчатых изменений установлено, что практически для всех точек выбранной акватории имеют место статистически значимые коэффициенты корреляции со временем и модель ступенчатых изменений эффективнее модели линейного тренда.
3. В месяцы теплого сезона года (февраль и март) наиболее эффективные модели нестационарного среднего имеют место на юге рассматриваемой акватории Индийского океана и на севере акватории Атлантического океана, где средние температуры увеличились примерно в начале 1990х годов на 0,7-0,9°C, в остальных частях океанов (в средней части) температуры увеличились всего на 0,4°C.
4. В месяцы холодного сезона года (август – ноябрь) пространственные распределения роста температур разные. Так, в августе и сентябре

(наиболее низкие в году ТПО) наибольший прирост средних температур составил 0,6-0,8°C на севере акватории как Индийского, так и Атлантического океанов. Наименьший прирост ТПО составил 0,3°C и наблюдался в центральной части акватории Атлантического океана и в южной части акватории Индийского океана.

5. В другие месяцы холодного сезона (октябрь – ноябрь), которые уже являются переходными к теплomu периоду, наибольший прирост средних ТПО составил 0,7-0,9°C и также, как и в теплый сезон, имел место в южной части Индийского и в северной части Атлантического океанов. Наименьший прирост средних ТПО наблюдался в центральных частях акваторий и в северной части Индийского океана.
6. В связи с тем, что нагрев океанов происходит по-разному в разные сезоны года, то в холодный сезон следует ожидать увеличение испарения и садков в Анголе и Танзании, прилегающих к северной части акваторий. В теплый же период наибольший рост осадков следует ожидать на востоке ЮАР и также в Анголе.

Список использованной литературы

1. Лобанов В.А., Методические указания «Оценка современных региональных изменений климатических характеристик», Санкт-Петербург 2018г., 90с.
2. Лобанов В.А., Смирнов И.А., Шадурский А.Е., Практикум по климатологии Часть 1, 2011г. – 144с.
3. Лобанов В.А., Смирнов И.А., Шадурский А.Е., Практикум по климатологии Часть 2, 2012г.- с. 178, Санкт-Петербург.
4. Л68 Лобанов В.А. Лекции по климатологии. Часть 1. Общая климатология: Книга 2.: учебник. – СПб.: РГГМУ, 2020. – 378 с.
5. <https://foxford.ru/wiki/geografiya/obchaya-karakteristika-atlanticheskogo-okeana>.
6. <https://ru.climate-data.org/>
7. Климат Атлантического океана: температура воды и воздуха, осадки, ветры, течения (oceaninfo.ru)
8. Индийский океан (oceaninfo.ru)