



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 "Климатические изменения температуры Баренцева моря и его
побережья"

Исполнитель Федорова Полина Витальевна

Руководитель доктор технических наук, профессор кафедры МКОА
Лобанов Владимир Алексеевич

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


Подпись

Кандидат физико-математических наук, доцент
Сероухова Ольга Станиславовна

« 19 » 06 2023г.

Санкт-Петербург
2023

Оглавление

Введение	3
1. Физико-географические и климатические особенности Баренцева моря.....	4
1.1 Географическое положение.....	4
1.2 Рельеф и геологическое строение дна	7
1.3 Гидрологический режим.....	9
1.4 Климат	15
1.5 Пункты и периоды наблюдений.....	16
1.6 Теоретические основы оценки климатических изменений	19
2. Оценка климатических изменений температур для зимнего и летнего периодов	23
2.1 Характеристики стационарной и нестационарной моделей для многолетних температур в январе.....	23
2.2 Характеристики стационарной и нестационарной моделей для многолетних температур в июле	34
3. Оценка климатических изменений температур для переходного периода и среднегодовых температур	45
3.1 Характеристики стационарной и нестационарной моделей для многолетних температур в апреле.....	45
3.2 Характеристики стационарной и нестационарной моделей для многолетних температур в октябре.....	56
3.3 Характеристики стационарной и нестационарной моделей для многолетних среднегодовых температур.....	67
Заключение	78
Список использованных источников	80

Введение

Сегодня все чаще поднимается вопрос о происходящих изменениях климата и для получения более полной информации необходимо учитывать климатическую ситуацию не всей планеты, а отдельных ее регионов. Предметом рассмотрения была выбрана акватория Баренцева моря, а рассматриваемой величиной являлась температура воздуха за месяц.

Первая глава посвящена физико-географическим и климатическим особенностям региона, а также осуществлен выбор пунктов наблюдений. Приведена методика исследования.

Во второй части дипломной работы раскрыта главная цель этой работы: оценка климатических изменений в многолетних рядах для холодного (январь), теплого (июль) и переходного периода года.

Главная цель - определить изменение температуры воздуха на данной территории и обобщить результаты по пространству на основе полученной информации.

Чтобы исследовать температуру воздуха в акватории Баренцева моря, были выбраны 18 метеостанций. Они должны быть расположены на большей части территории равномерно.

Нужно провести анализ температурного режима в этих точках с конца 19 начала 20 века до современного периода 2022 года. Для решения задачи необходимо определить изменение такого гидрометеорологического параметра, как температура в данный период времени и подвести итоги об изученных климатических изменениях.

1. Физико-географические и климатические особенности Баренцева моря

1.1 Географическое положение

Баренцево море расположено на Северо-Европейском шельфе, почти открытое к Центральному арктическому бассейну и открытое к морям Норвежскому и Гренландскому, оно относится к типу материковых окраинных морей (рисунок 1.1).

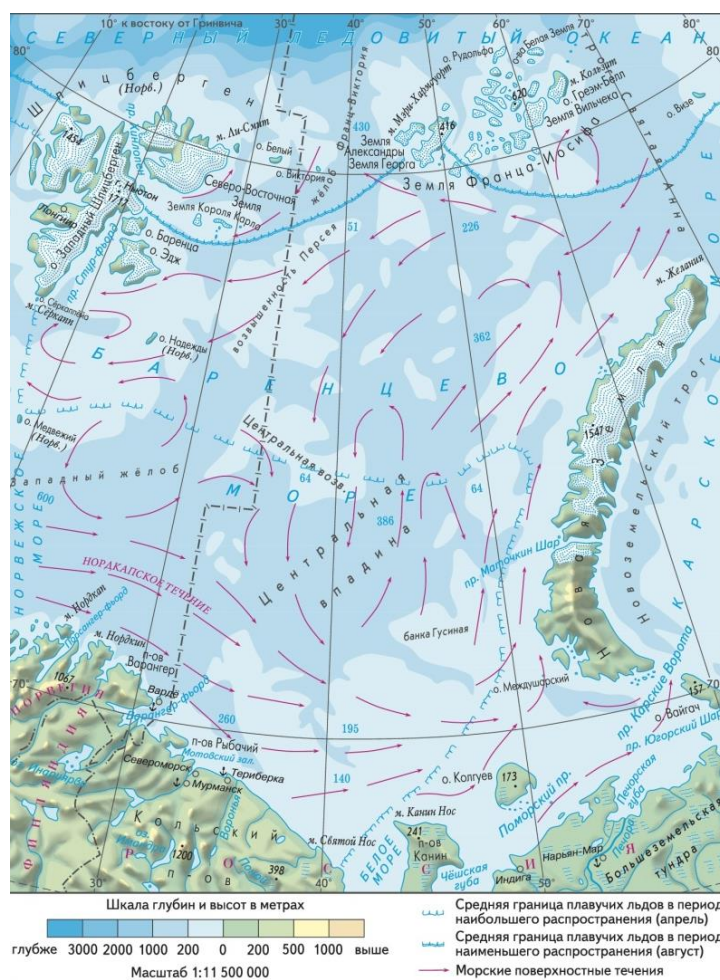


Рисунок 1.1 - Физическая карта Баренцева моря

Это одно из самых больших по площади морей. Его площадь 1424 тыс. км² (самое большое по площади в Северном Ледовитом океане), объём 316 тыс. км³, средняя глубина 222 м, наибольшая глубина 600 м.

Баренцево море находится между берегами Северо-Западной Европы, острова Вайгач, архипелагами Новая Земля, Земля Франца-Иосифа, Шпицберген и острова Медвежий. Омывает берега Норвегии и России. Имеет естественные границы на юге (от мыса Нордкап по берегу материка и по линии мыса Святой Нос— мыса Канин Нос, отделяющей Баренцево море от Белого моря, далее до пролива Югорский Шар) и отчасти на востоке, где ограничено западными побережьями острова Вайгач и архипелагом Новая Земля, далее линией мыса Желания— мыса Кользат.

В остальных направлениях границами служат условные линии, проведённые от мыса Сёркапп острова Сёркаппёйа у южной оконечности острова Западный Шпицберген: на западе через остр. Медвежий к мысу Нордкап, на севере по юго-восточным берегам островов архипелага Шпицберген к мысу Ли-Смит на острове Северо-Восточная Земля (рис.1.2), далее через острова Белый и Виктория до мыса Мэри-Хармсуорт (о. Земля Александры) и по северной окраине островов архипелага Земля Франца-Иосифа.

На западе граничит с Норвежским морем, на юге— с Белым морем, на востоке — с Карским морем, на севере— с Северным Ледовитым океаном. Юго-восточная часть Баренцева моря, в которую впадает р.Печора, из-за своеобразия гидрологических условий часто называют Печорским морем. Наиболее крупные заливы: Варангер-фьорд, Кольский залив, Мотовский, Печорская губа, Порсангер-фьорд, Чёшская губа. Вдоль границ Баренцева моря много островов, особенно в архипелаге Земля Франца-Иосифа, крупнейшие— в архипелаге Новая Земля.



Рисунок 1.2 - Остров Северо-Восточная Земля

Береговая линия сложная, изрезана (рис 1.3). С многочисленными мысами в заливе или на западе, с большим количеством заливов, бухтами и фьордами. Берега Баренцева моря чаще всего ледяные или аккумулятивные, преимущественно абразионные. В северной части берегов Скандинавского полуострова, архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа – горы, скалистые, фьордовые, круто обрывающиеся к морю, на Кольском полуострове- менее расчленённые, восточнее полуострова Канин– невысокие и холмистые, в северной части прямо к морю подходят ледники.



Рисунок 1.3 - берег Баренцева моря

1.2 Рельеф и геологическое строение дна

Баренцево море - типично материковое, целиком находящееся на шельфе Северного Ледовитого океана, который в его пределах более глубоководен, чем в других арктических морях. Более половины моря имеют глубины 300-400м (рисунок 1.4). Как правило, прибрежные мелководья с глубинами менее 50м занимают большую площадь на Юго-востоке или в Северо-западной части. Для рельефа дна Баренцева моря характерна сильная расчлененность. На протяженности 10 километров перепады глубин составляют 50-100м. В море выделяются равнины (Центральное плато), возвышенности, впадины. Южная часть Дна имеет небольшие размеры, вследствие которых она отличается выровненным характером. Некоторые из наиболее глубоких мест находятся в западной части моря.

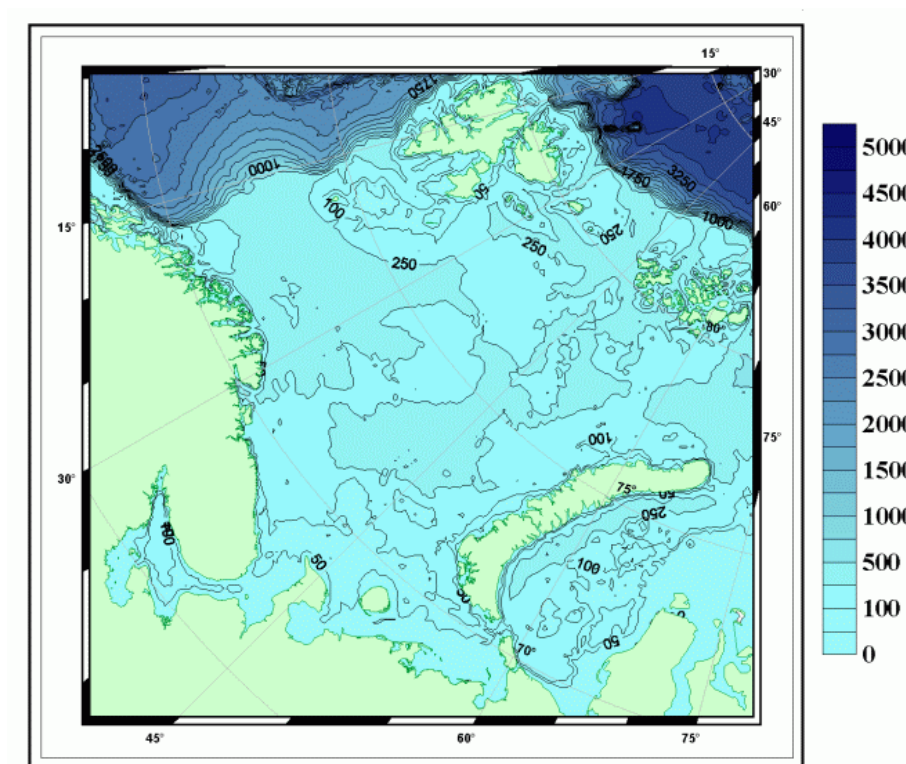


Рисунок 1.4 - Рельеф дна Баренцева моря

В донных осадках на глубинах не менее 200м, кроме крупных структурных форм существуют многочисленные мелкие неровности. Донные осадки представлены песками, часто с примесью гальки или гравия; в горах пески распространяются на большие уровни. Всюду можно увидеть примесь грубообломочного материала, связанная с ледовым разносом и широко распространением реликтовых ледниковых отложений. Причина этого – большое распространение реликтовых ледниковых отложений в области северных областей. Осадок имеет мощность не менее 0,5 м, поэтому на отдельных возвышенностях древние ледниковые отложения почти находятся на поверхности. Небольшой темп осадкообразования (меньше 30 мм в 1 тыс.) Это объясняется незначительным поступлением терригенного материала.

Более половины дна Баренцева моря (северная впадина, Центральная впадина), Новоземельский желоб и центральная впадина покрыта песчаным илом. Склоны Мурманской и Рыбачьей банок, Центральная возвышенность

покрыты илистым песком. Песок на поверхности Медвежьей и Шпицбергенской банок находится на поверхности. Илистые отложения являются основным элементом Юго-восточной части моря, что объясняется слабой подвижностью вод в этом районе и переносом реками мелкого материала. Нордкапский желоб имеет зоны размыва, скопление лавунов с участками скалистого побережья, обусловленные интенсивным Нордкапским течением.

1.3 Гидрологический режим

Гидрологический режим Баренцева моря отличается большим разнообразием и складывается в результате циркуляции вод различного происхождения и с различными свойствами:

- теплых вод, приходящих из северной части Атлантического океана;
- теплых вод речного происхождения;
- сравнительно холодных местных вод;
- холодных полярных вод.

Термогалинный режим складывается под влиянием как адвекции тепла течениями, так радиационных факторов. Отдельные компоненты этого влияния являются основными элементами, обуславливающими сохранность климатических характеристик температур и солености, другие (например, нестационарность течений и ледовых условий) формируют изменчивость этих параметров пространственной или временной.

Небольшая и сложная система поверхностных, глубоких течений, самым общим свойством которых есть движение вод против часовой стрелки (рис.1.5). Укрепленная большим количеством процессов в системе океан-атмосферы северной Атлантики, она активно реагирует на изменчивость климатических условий непосредственно над территорией Баренцева моря. Распространение волновой массивки из Арктического бассейна с помощью приливных волн из

Атлантики и Арктического бассейна, изменчивость плотности структуры морских вод.

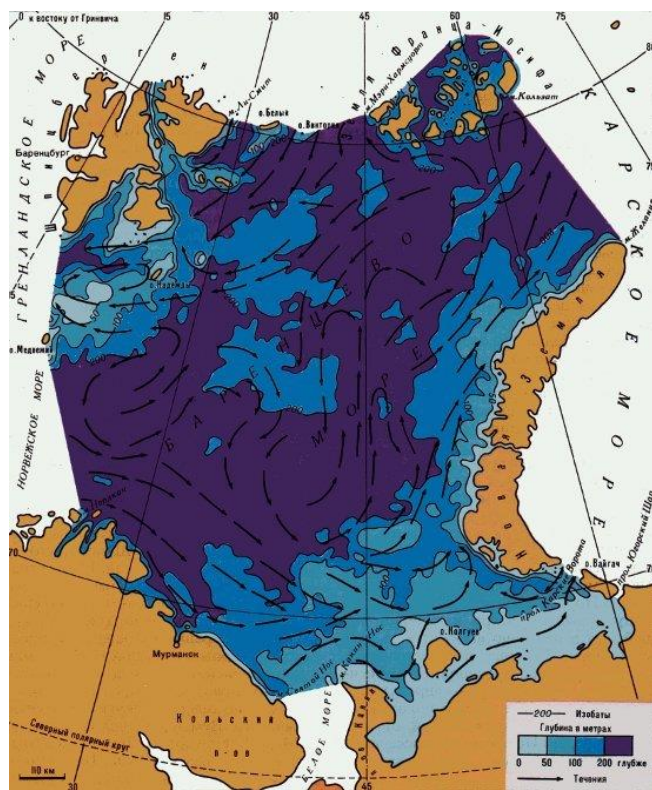


Рисунок 1.5 - Течения Баренцева моря

В настоящее время наиболее мощный и устойчивый поток, во многом определяющий гидрологические условия моря, образует теплое Нордкапское течение. Погруженное на восток, в прибрежной зоне оно движется со скоростью 25 см/с, мористей он уменьшает свою скорость до 5–10 см/с. Примерно на 25° в.д. это течение делится на Мурманское и Прибрежное. Как правило, первое из этих шириной 40—50 км распространяется вдоль берега Кольского п-ова.

В горле Белого моря встречается с выходным Беломорским течением и со скоростью 15–20 см/с следует на восток. Остров Колгуев разделяет Мурманское течение на Канинское, уходящее к проливам Карские Ворота и Югорский Шар (рис.1.6).



Рисунок 1.6 - Югорский Шар

Мурманское течение шириной около 100 км со скоростью порядка 5 см/с распространяется гораздо мористее Прибрежного Мурманского. По сравнению с разветвленной системой теплого Нордкапского течения в Баренцевом море ясно выражены холодные тектины. С северо-востока на юго-запад, вдоль возвышенности Персея с северо-востока на юго-запад, вдоль Медвежинского мелководья проходит течение Персея. Медвежинское течение имеет скорость примерно 50 см/с сливаясь с холодными водами у о.Надежды.

Серьезно влияют на течения Баренцева моря крупномасштабные барические поля, которые имеют большую площадь. Таким образом, при локализации Полярного антициклона у берегов Аляски и Канады с западной

стороны Исландского минимума течение Новоземное проникает на север. Часть вод из него попадает в Карское море. А другая часть этих вод усиливается водами, поступающими из Арктического бассейна (восточнее Земли Франца-Иосифа)(рис. 1.7). Приток поверхностных арктических вод, приносимых Восточно-Шпицбергенским течением, увеличивается.

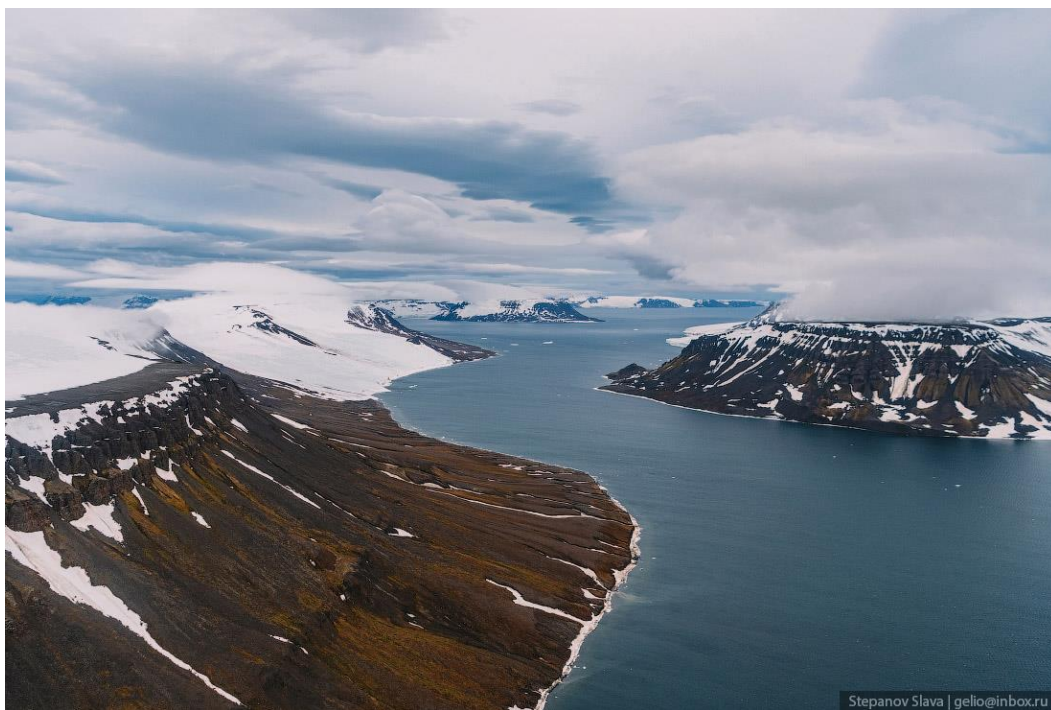


Рисунок 1.14 - Земля Франца-Иосифа

В Баренцевом море температура воды в значительно большей мере определяет все процессы, связанные с плотностью структур вод. Именно в Баренцевом море температура воды основным образом определяет распространение теплых океанических вод, что также влияет на климат приатлантического сектора Арктики. Таким образом температуру вод сравнивают с ледовыми условиями северного сектора Арктики.

Обусловливается формирование термоклина в Баренцева море под воздействием ряда процессов, из которых главными выступают осенне-зимняя конвекция с выравниванием температуры от поверхности до побережья, и

летний прогрев поверхностного слоя, обуславливающий возникновение сезонного термоклина.

В Баренцево море огромный приток теплых атлантических вод делает его одним из самых теплых в Северном Ледовитом океане. Поэтому влияние адвекции тепла атлантических вод наиболее заметно проявляется в юго-западной части моря, незначительно на юге из-за малых глубин в данной области. Однако это обстоятельство способствует больше интенсивному радиационному прогреву данного региона летом.

Основной слой, в котором поверхностная температура находится максимально высокой (9°C) в июне-сентябре, минимальная (0°C) расположена у края ледяного слоя (рисунок 1.8). Область максимальных температур распространяется также на юго-восточную часть моря, место изотерм становится близким к широтному (рисунок 1.9).

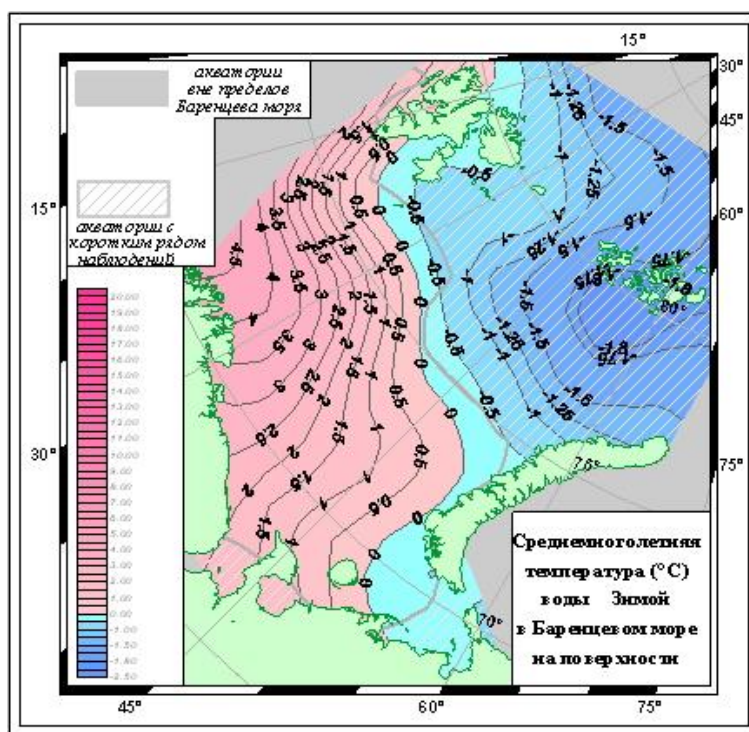


Рисунок 1.8 - Среднегодовая температура воды на поверхности в зимний период

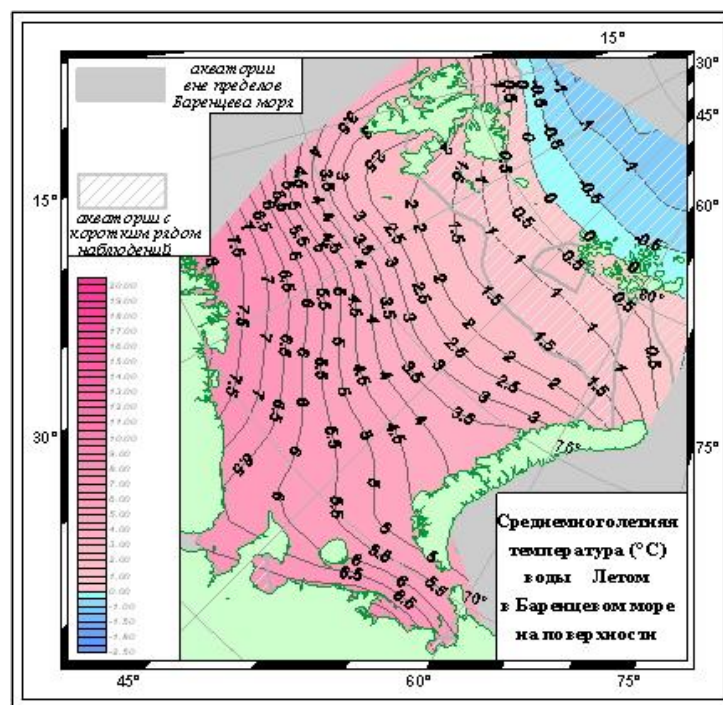


Рисунок 1.9 - Среднегодовая температура воды на поверхности в летний период

В зависимости от сезонного изменения температуры воды, на юге и в северной части моря оно не превышает 5-6°C и только на юго-востоке достигает 10°C. В атлантической водной массе, находящейся на крайнем юге моря, поверхностная температура воздуха зимой не превышает 3°C. Летом она находится в границах от 7° до 13°C. На территориях, в которых возможно появление льда, абсолютный минимум ограничен температурой замерзания, равной -1.8°C. В северной части моря и на юго-востоке летние максимальные температуры в поверхностном слое достигают 4-7°C, на северо-востоке 15°C открытой части моря. На Печорской Губе температура воздуха составляет 20-23°C.

С глубиной, снижаются температурные колебания. Они составляют почти 2/3 от их величины на поверхности в Юго-восточной части моря на горизонте 50 м.

В море происходит развитие процессов конвекции (зимой) и летнего прогрева. Распределение температуры воды на нижележащих горизонтах отражает развитие в море процессов конвекции (зимой) и летнего прогрева.

На юго-западе моря максимальные градиенты температуры воды не превышают $0.1^{\circ}\text{C}/\text{м}$, а на остальной его глубоководной акватории достигают $0.2^{\circ}\text{C}/\text{м}$; в юго-восточной части моря и в прибрежных районах максимальные градиенты приходятся на слой 10-25 и 0-10 м и составляют $0.4^{\circ}\text{C}/\text{м}$

Температура в толще воды Баренцева моря зависит от проникновения теплых атлантических вод, от зимнего охлаждения и рельефа дна. Однако изменения в температуре воды, которые происходят по вертикали, отличаются друг от друга. На глубине около 30 м под водой есть препятствия, которые мешают движению атлантических вод, поэтому последние обтекают их. Низкие температуры в местах обтекания повышений поднимаются на поверхность воды. Но кроме этого, над возвышенностями и на ее склонах вода охлаждается больше. При этом образуется характерный для банок Баренцева моря «шляпки холодной воды».

1.4 Климат

Климат в Баренцевом море характеризуется полярным морским климатом, который находится под влиянием тёплого Атлантического и холодного Северного Ледовитого океанов. В целом он характеризуется малой амплитудой годовых колебаний температуры воздуха, коротким холодным летом и продолжительной холодной зимой с сильным ветром на этих широтах; сильной облачностью (внизу)

Средняя температура воздуха в море с юга на север и с западного направления увеличивается. Средняя годовая температура воздуха характеризуется следующими значениями: о.Медвежий -1.6°C , Баренцбург (Шпицберген) -5.2°C , Бухта Тихая -10.1°C . Среднегодовая температура самого холодного месяца на побережье составляет: -10°C , -15°C , на северных островах -20°C , -22°C . С июля по август средняя температура в разных районах

колеблется от $+1^{\circ}$ до -7° . В связи с влиянием тепла и воздуха Атлантического океана и холодного - из Арктического бассейна, климат Баренцева моря весьма неоднороден.

В южной части моря под влиянием Нордкапской ветви тёплого Северо-Атлантического течения климат юго-западной части значительно смягчается. Арктический фронт проходит над акваторией Баренцева моря. Он представляет собой смесь холодного арктического воздуха и тёплого воздуха умеренных широт.

Замедление арктического фронта к югу или северному положению вызывает соответствующее изменение траектории атлантических циклонов, которые несут тепло и влагу с Северной Атлантики. Это объясняет частое изменение погоды в Баренцевом море.

Зимой циклоническая деятельность усиливается, над центральной частью Баренцева моря преобладают юго-западные ветры (скорость до 16 м/с). Часты штормы. Среднемесячные температуры в центральном районе колеблются от -4° до -10° С, в юго-восточном районе от -15° до -20° С, в юго-западном районе -2° С, -3° С. Средняя температура воздуха самого холодного месяца марта изменяется от -22° С на островах архипелага Шпицберген, -14° С у острова Колгуев до -2° С в юго-западной части моря.

Летом характерна прохладная и пасмурная погода со слабыми северо-восточными ветрами. Средняя температура августа в западной и центральной частях до 9° С, на юго-востоке 7° С, на юго-западе 9° С, на севере $4-6^{\circ}$ С. Годовое количество атмосферных осадков от 300 мм на севере до 500 мм на юго-западе. В течение года над морем преобладает пасмурная погода.

1.5 Пункты и периоды наблюдений

Изучаемой климатической величиной является среднемесячная температура воздуха на 18 метеостанциях, расположенных в акватории Баренцева моря.

Длительные ряды средних месячных температур воздуха взяты на таких

сайтах, как :

- Российский сайт "Погода и климат"
- The KNMI Climate Explorer (Метеорологический институт Королевства Нидерланды)

Чтобы показать на карте местоположение метеорологических станций, использована программа "ГИС MapInfo", где с помощью координат, сформировался геоинформационная карта. Расположение метеостанций показано на рисунке 1.10.



Рисунок 1.10- Расположение станций

В результате была сформирована региональная база данных (БД)

температуры воздуха. С помощью системы управления базами данных "СУБД Гидрорасчеты ПК" были получены нужные информативные данные сформированной территориальной базы данных(БД) температуры воздуха на 18 метеостанциях, расположенных в акватории Баренцева моря, которые приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Название станции, координаты и период рядов наблюдений за средней
 месячной температурой воздуха

Код станции	Название	Широта	Долгота	Период	Кол-во лет
1011	KVITOYA	80,4	35	1911-2022	112
1028	BJORNOYA	74,5	19	1946-2022	77
1062	HOPEN	76,5	25,1	1945-2022	78
1092	MAKKAURFYR	70,7	30,1	1951-2022	72
1098	VARDO	70,4	31,1	1829-2022	194
20046	HAYES ISLAND	80,6	50	1957-2022	66
20744	MALYE KARMAKULY	72,4	52,7	1897-2022	126
22003	VAIDA GUBA	69,9	32	1940-2022	83
22012	TSYP-NAVOLOK	69,7	33,1	1959-2022	64
22028	TERIBERKA	69,2	35,1	1893-2022	130
22113	MURMANSK	69	33,1	1918-2022	105
22193	BUGRINO	68,8	49,2	1959-2022	64
22292	INDIGA	67,7	48,7	1923-2022	100
23103	KHODOVARIKHA	68,9	53,8	1959-2022	64
23104	SENGEISKY SHAR	68,5	51,2	1959-2022	64
23112	VARANDEY	68,8	58	1959-2022	64
23114	CAPE SWEDISH	68,6	56,6	1959-2022	64
23205	NARYAN-MAR	67,6	53	1959-2022	64

Согласно информации, представленной в таблице.2.1, на большом количестве выбранных метеостанций период наблюдений за температурой ведется с 19 века и начала 20 века. Количество лет наблюдений неравномерна на станциях, например, на станциях Бугрино, Цып-Наволоок, Ходовариха, Сенгейский Шар, Варандей, Мыс Шведский, Нарьян-Мар 64 года, с 1959 года или Вардо, 194 года, с 1829 года.

1.6 Теоретические основы оценки климатических изменений

Структура временного ряда может быть представлена двумя основными типами моделей: стационарной и нестационарной. В стационарной модели главные характеристики временного ряда, среднее значение и дисперсия, постоянны или стационарны во времени. Обычно вычисляется среднее значение за длительный период наблюдений, которое является климатической нормой. Даже в условиях современного изменения климата считается, что колебания климатических характеристик являются квазистационарными для некоторых небольших отрезков временного ряда, например, для 30 лет, согласно рекомендациям ВМО (1961-1990 гг.).

Кроме случайных отклонений во временном ряду, могут быть нестационарные компоненты с большими временными масштабами, связанные факторами климатической системы.

Существует три основных типа нестационарных моделей:

- монотонные изменения в виде линейного тренда;
- циклические колебания;
- ступенчатые переходы из одного стационарного состояния в другое.

Все происходящие изменения в природе носят циклический характер, а тенденция является частью достаточно большого цикла процесса, который проявляется как ветвь подъема или спада в пределах рассматриваемого ограниченного временного интервала.

Если нестационарные составляющие являются реакцией климатической системы на внешние воздействия, то показатели этих воздействий могут быть двух основных типов: монотонные (тренд или циклические колебания) и ступенчатые изменения.

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

$$Y(t) = b_1 t + b_0 \quad (1.1)$$

Где b_1 , b_0 - коэффициенты уравнения регрессии наименьших квадратов

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{cp})(t_i - t_{cp})}{\sum_{i=1}^n (t_i - t_{cp})^2} \quad (1.2)$$

$$b_0 = Y_{cp} - b_1 t_{cp} \quad (1.3)$$

Где Y_{cp} , t_{cp} - средние значения климатической характеристики и временного ряда

Статистическая значимость модели линейного тренда оценивается по статистической значимости коэффициента b_1 или коэффициента корреляции R , который рассчитывается по формуле(1.4):

Модель пошагового изменения похожа на две (или более) стационарные модели для двух (или более) частей временного ряда, которая характеризуется постоянным во времени средним значением и средним квадратическим отклонением для каждой части ряда(1.5, 1.6):

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{cp})(t_i - t_{cp})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{cp})^2 \sum_{i=1}^n (t_i - t_{cp})^2}} \quad (1.4)$$

$$Sr1(t1) = \text{const1}, \sigma1(t1) = \text{const1} \quad (1.5)$$

$$Sr2(t2) = \text{const2}, \sigma2(t2) = \text{const2} \quad (1.6)$$

Где $Sr1$, $\sigma1$ - среднее и среднее квадратическое отклонение первой части ряда при изменении $t1$;

$Sr2$, $\sigma2$ - среднее и среднее квадратическое отклонение первой части ряда при изменении $t2$;

n - объем ряда.

Стандартное отклонение остатков ступенчатой модели для одного этапа и двух стационарных интервалов определяется по формуле:

$$\sigma_{стун} = \sqrt{\frac{\sigma_1 * n_1 - \sigma_2 * n_2}{n_1 + n_2 - 1}} \quad (1.7)$$

Где : $\sigma_{стун}$ - стандартное отклонение остатков модели пошагового изменения;

σ_1, σ_2 - стандартные отклонения стационарных сегментов временного ряда;

n_1, n_2 - объемы стационарных сегментов

Для модели линейного тренда стандартное отклонение остатков рассчитывается по формуле:

$$\sigma_{\varepsilon} = \sigma_y * \sqrt{1 - R^2} \quad (1.8)$$

Где σ_y - стандартное отклонение исходного ряда (модель стационарного среднего);

σ_{ε} - стандартное отклонение остатков относительно модели линейного тренда;

R - коэффициент корреляции уравнения линейного тренда.

Для количественной оценки различий между моделью тренда и моделью пошагового изменения и моделью стационарного среднего относительные ошибки рассчитываются по формулам:

$$d_{st} = \Delta_{ступ} = \frac{\sigma_y - \sigma_{ступ}}{\sigma_y} * 100\% \quad (1.9)$$

$$d_{tr} = \Delta_{тр} = \frac{\sigma_y - \sigma_{\varepsilon}}{\sigma_y} * 100\% \quad (1.10)$$

Где d_{tr}, d_{st} - относительные ошибки или отличия (в %) модели тренда и модели ступенчатого изменения от модели стационарной выборки;

$\sigma_y, \sigma_{\varepsilon}, \sigma_{ступ}$ - стандартные отклонения остатков моделей случайной выборки, линейного тренда и пошаговых изменений, соответственно.

Алгоритм оценки эффективности и устойчивости параметров нестационарных моделей состоит в следующем:

- модели переходного среднего аппроксимируют временной ряд за весь период наблюдения и предварительно оценивают их эффективность и год перехода от одних стационарных условий к другим;
- год начала наблюдений постепенно смещается из прошлого в настоящее и оценивается стабильность показателей эффективности нестационарных

моделей (R_{tr} , Δ_{tr} и Δ_{st}) и года перехода (Год) при различных начальных годах временного ряда;

- если показатели модели нестационарного среднего эффективны, то какая из двух моделей оценивается лучше: линейный тренд или пошаговые изменения путем сравнения Δ_{tr} и Δ_{st} ;
- на основе анализа устойчивости нестационарных показателей выбирается наиболее повторяющийся год перехода от одного стационарного состояния к другому (год) и временной ряд за этот год делится на две части;
- статистическая значимость коэффициента корреляции (R_{tr}) оценивается с течением времени для каждой части временного ряда с целью оценки стационарности средних значений;
- для количественной оценки влияния изменения климата рассчитывается разница между средними значениями и сравнивается со средним квадратичным отклонением всего ряда, что характеризует естественную климатическую изменчивость.

2. Оценка климатических изменений температур для зимнего и летнего периодов

2.1 Характеристики стационарной и нестационарной моделей для многолетних температур в январе

Используя способ оценки эффективности нестационарных моделей получены необходимые характеристики для многолетней среднемесячной температуры в январе на 18 метеостанциях акватории Баренцева моря

Нестационарная модель считается эффективной, если $\Delta_{тр}$ или $\Delta_{ст} \geq 10\%$, также для модели линейного тренда оценивается статистическая значимость коэффициента корреляции $R_{тр}$ при сравнении с табличным значением.

В таблице 2.1 показаны результаты оценки эффективности нестационарных моделей многолетних рядов температуры января.

На рисунке 2.1 графическое распределение показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений.

Где: $\Delta_{тр}, \%$ - 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;

$T_{ст}$ – год ступенчатых изменений;

$T_{нач}$ – год начала наблюдений;

$T_{к}$ – год окончания наблюдений;

n – число лет наблюдений;

R - коэффициент корреляции модели линейного тренда.

Жирным шрифтом выделены случаи нестационарных моделей при $\Delta > 10\%$, а также статистически значимые коэффициенты корреляции R со временем.

Таблица 2.1

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур января

Код	$\Delta_{тр},\%$	$\Delta_{ст},\%$	F _{тр}	F _{ст}	T _{ст}	T _{нач}	T _к	n	R
1011	1,2	4,3	1,02	1,09	1922	1911	2022	111	-0,15
1028	6,4	11,6	1,14	1,28	2005	1946	2022	77	0,35
1062	1,7	4,5	1,04	1,10	1956	1945	2022	77	-0,18
1092	2,3	6,1	1,05	1,13	1991	1951	2022	72	0,21
1098	1,4	4,8	1,03	1,10	1858	1829	2022	184	-0,17
20046	0,9	3,9	1,02	1,08	2002	1957	2022	64	0,13
20744	0,6	5,9	1,01	1,13	1959	1922	2022	100	-0,11
22003	1,7	5,5	1,04	1,12	1991	1940	2022	83	0,19
22012	0,5	2,2	1,01	1,05	1991	1959	2022	64	0,10
22028	1,2	4,8	1,02	1,10	1904	1893	2022	129	-0,15
22113	1,5	4,7	1,03	1,10	1929	1918	2022	104	-0,17
22193	3,1	6,4	1,06	1,14	2004	1959	2022	64	0,25
22292	1,6	4,7	1,03	1,10	1934	1923	2022	99	-0,18
23103	3,1	4,9	1,06	1,11	2004	1959	2022	64	0,25
23104	1,1	3,0	1,02	1,06	2004	1959	2022	64	0,15
23112	1,8	3,8	1,04	1,08	2004	1959	2022	64	0,19
23114	1,6	3,6	1,03	1,08	2004	1959	2022	64	0,18
23205	1,6	4,6	1,03	1,10	1937	1926	2022	96	-0,18

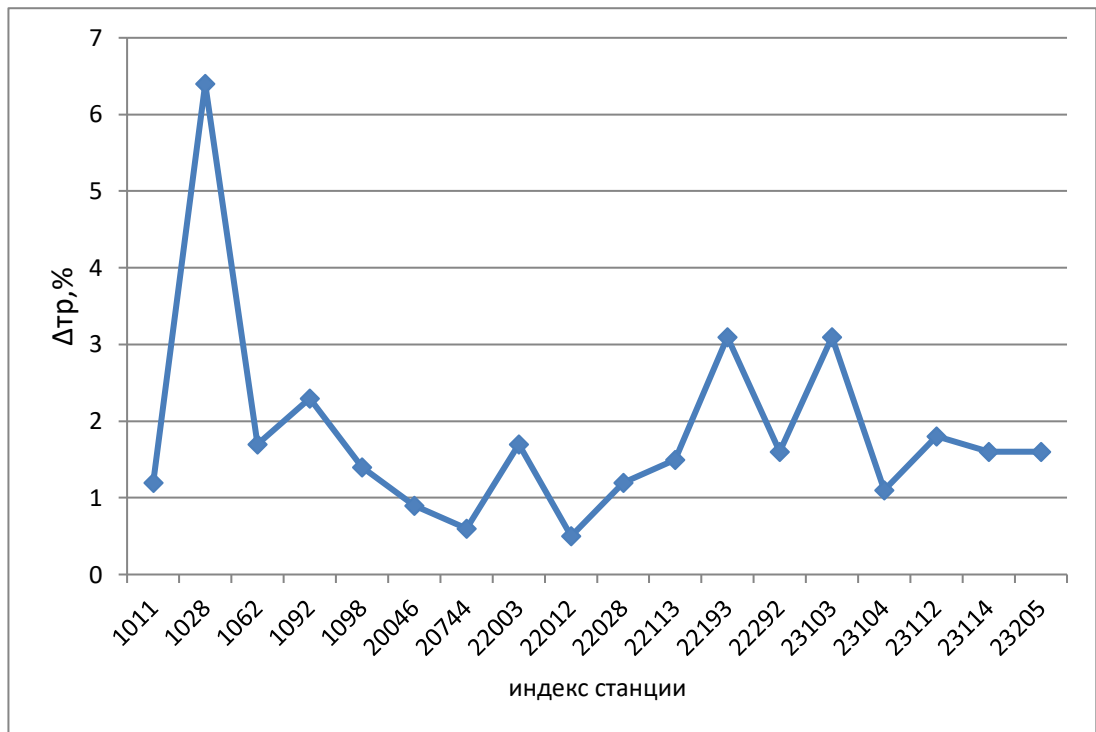


Рисунок 2.1 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений ($\Delta_{тр}, \%$)

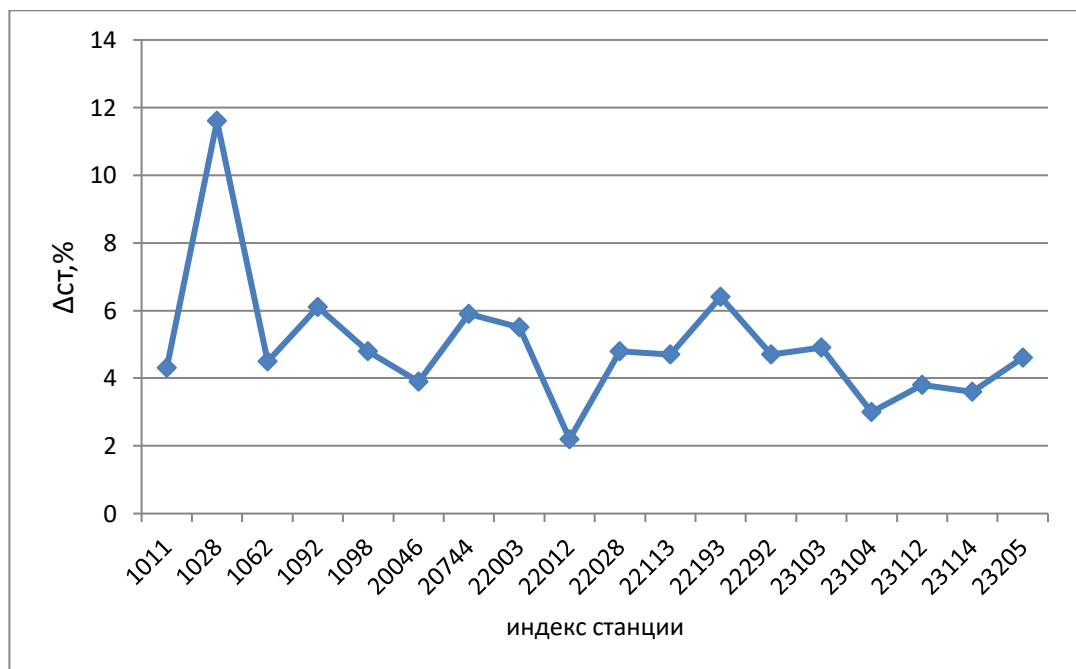


Рисунок 2.2 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений ($\Delta_{ст}, \%$)

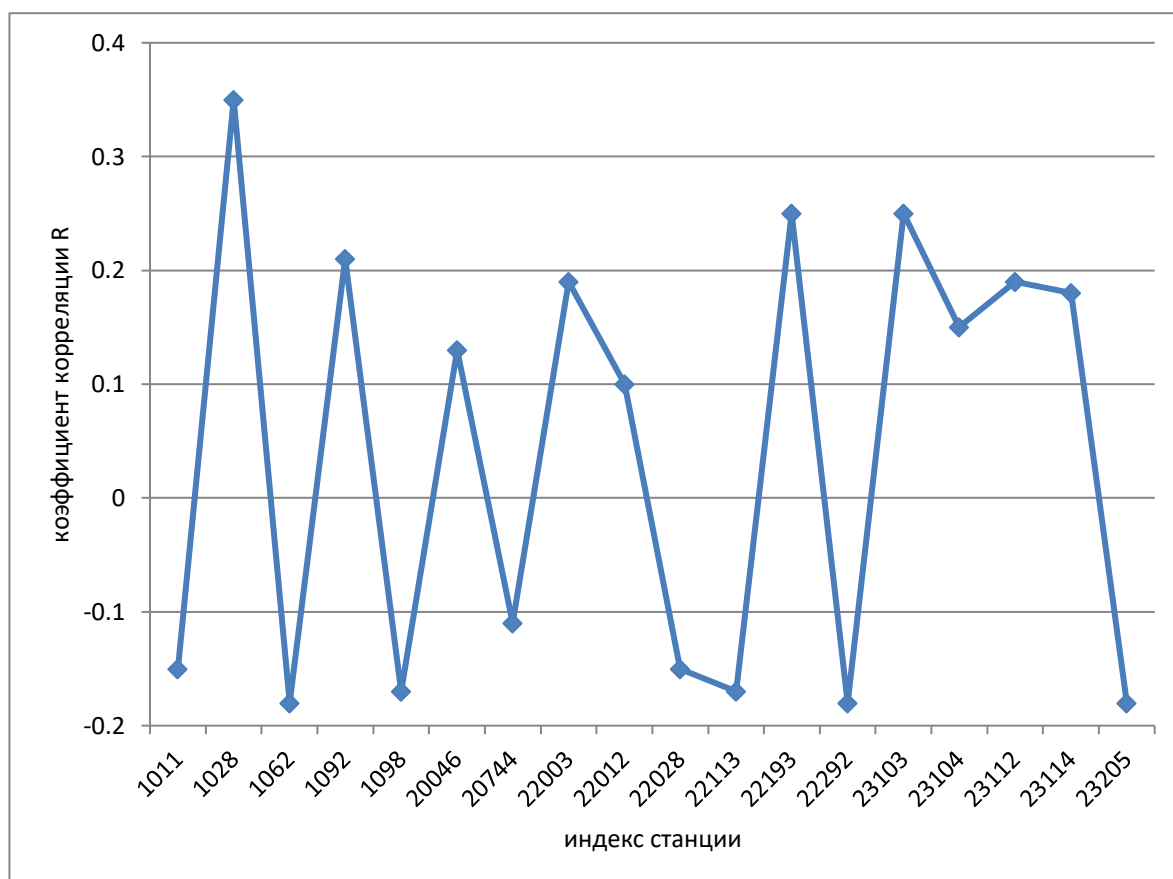


Рисунок 2.3 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений (R)

Как следует из результатов табл.2.1 и рисунка 2.1-2.3, из 18 рядов модель линейного тренда во всех случаях неэффективна, а коэффициенты корреляции уравнения тренда со временем статистически значимы для 1 ряда. Модель ступенчатых изменений эффективна в 1 случае.

В то же время были проведены расчеты, чтобы показать, насколько стабильными будут нестационарные модели, если рассматривать последний период наблюдений с 1960 года (табл.2.2).

Таблица 2.2

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур января при общем начале рядов наблюдений 1960г

Код	$\Delta_{тр},\%$	$\Delta_{ст},\%$	$F_{тр}$	$F_{ст}$	$T_{ст}$	$T_{нач}$	$T_{к}$	n	R
1011	13,5	17,0	1,34	1,45	2005	1960	2022	63	0,50
1028	14,8	15,2	1,38	1,39	2005	1960	2022	63	0,52
1062	15,4	19,4	1,40	1,54	2005	1960	2022	63	0,53
1092	3,8	7,7	1,08	1,17	1991	1960	2022	63	0,27
1098	8,8	12,3	1,20	1,30	1991	1960	2022	63	0,41
20046	0,8	3,8	1,02	1,08	1994	1960	2022	61	0,13
20744	9,4	14,0	1,22	1,35	2004	1960	2022	63	0,42
22003	3,5	7,9	1,07	1,18	1991	1960	2022	63	0,26
22012	0,4	2,2	1,01	1,05	1991	1960	2022	63	0,09
22028	1,6	5,2	1,03	1,11	1991	1960	2022	63	0,18
22113	0,7	3,7	1,01	1,08	1988	1960	2022	63	0,12
22193	3,3	6,4	1,07	1,14	2004	1960	2022	63	0,25
22292	1,6	3,4	1,03	1,07	1993	1960	2022	63	0,18
23103	3,3	5,0	1,07	1,11	2004	1960	2022	63	0,26
23104	1,3	3,2	1,03	1,07	2004	1960	2022	63	0,16
23112	2,2	4,0	1,05	1,08	2004	1960	2022	63	0,21
23114	2,1	4,0	1,04	1,08	2004	1960	2022	63	0,21
23205	1,9	3,1	1,04	1,07	1993	1960	2022	63	0,20

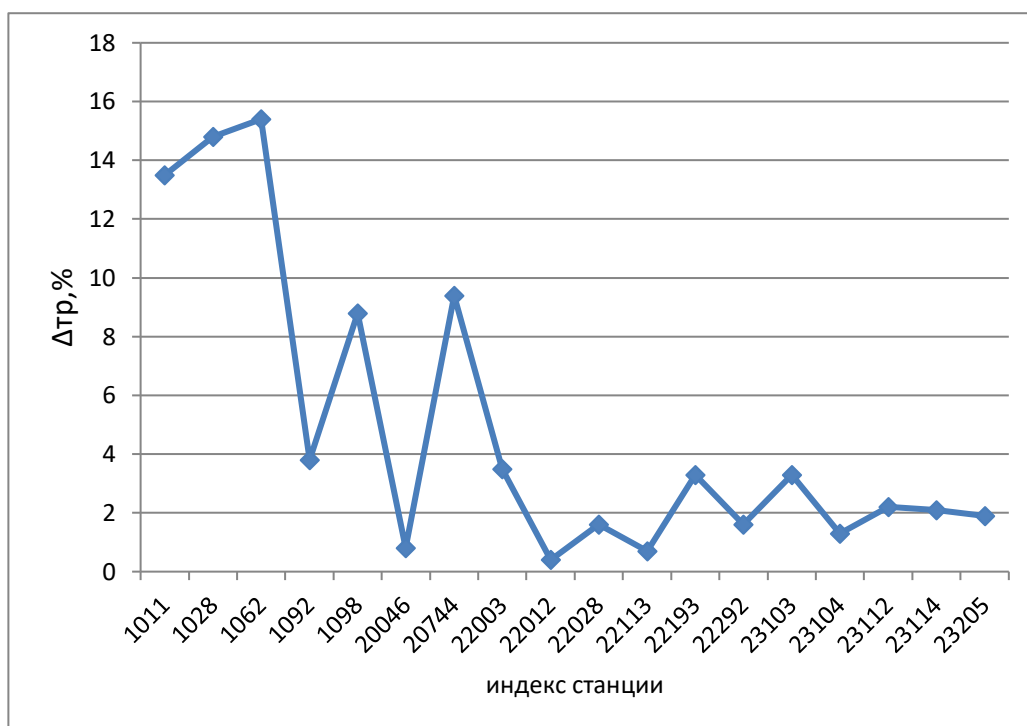


Рисунок 2.4 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г ($\Delta_{тр}, \%$)

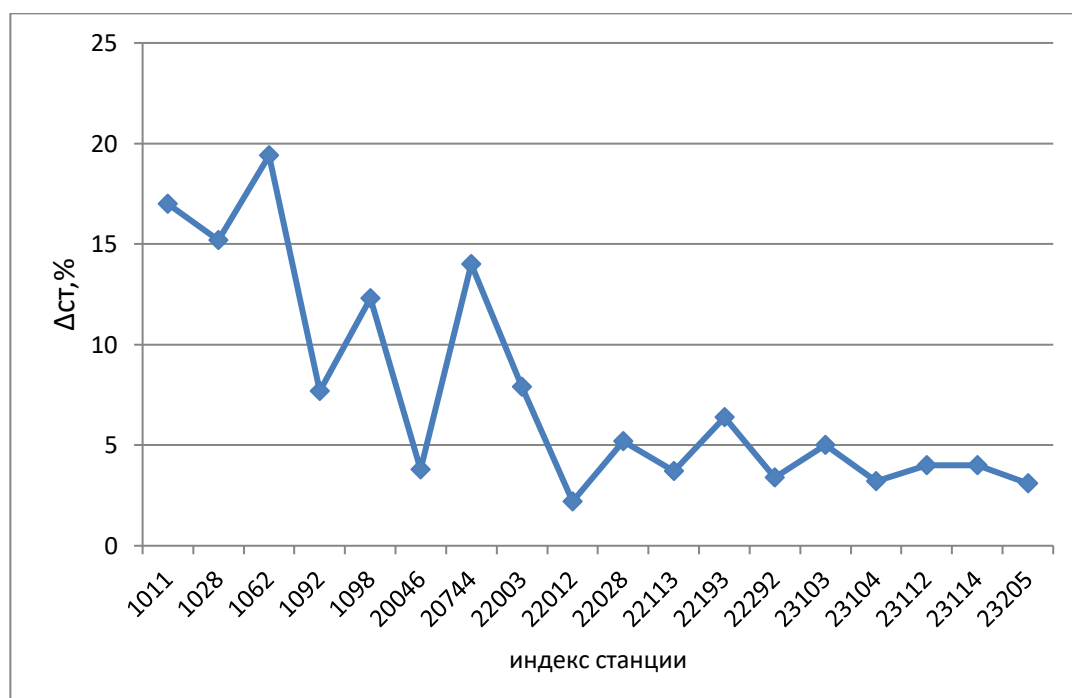


Рисунок 2.5 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г ($\Delta_{ст}, \%$)

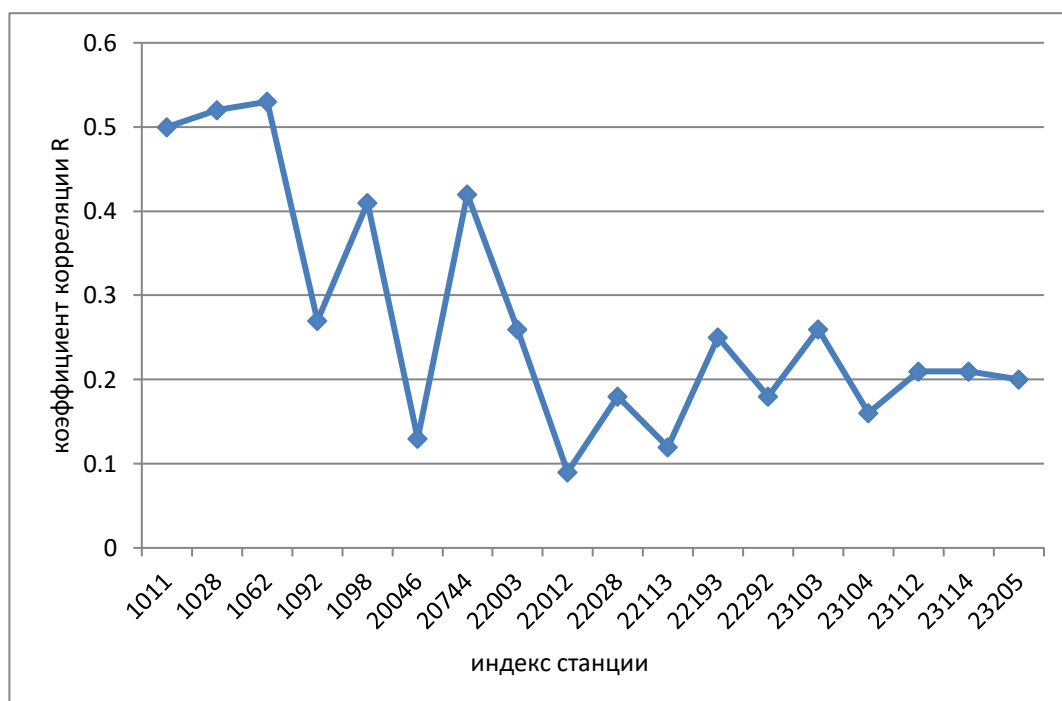


Рисунок 2.6 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г (R)

После получения результатов (табл 2.2, рис 2.4-2.6) расчёта $\Delta_{тр}$ и $\Delta_{ст}$, видно, что в январе при $\Delta > 10\%$ являются три ряда наблюдений среднемесячной температуры за месяц, следуя модели тренда и 5 рядов наблюдений следуя ступенчатой модели. Статистически значимыми коэффициентами корреляции, при значении $R > 0,26$, являются 7 рядов. Пространственные распределения показателей нестационарности приведены на рис.2.7- 2.9 для всей продолжительности рядов наблюдений и на рис.2.10- 2.12 для рядов с началом наблюдений в 1960 году.

Далее ряд 1960-2022 был разделен на две части 1960-1990 гг. и 1991-2022гг., найдены средние значения двух частей и дельта средних в градусах, определено среднеквадратическое отклонение (табл. 2.3).

Оценка изменения температуры на территории за период с 1960г

Код	Название	ср.1	ср.2	d ср. °	СКО	Отношение
1011	Kvitoya	-15,1	-10,7	4,4	5,4	0,8
1028	Bjornoya	-8	-4,6	3,4	3,8	0,9
1062	Hopen	-14	-8,9	5,1	5,7	0,9
1092	Маккаур Фьр	-5	-3,7	1,2	1,6	0,8
1098	Vardo	-5,1	-3,6	1,5	1,6	1
20046	Остров Хейса	-25,5	-20,1	5,4	5,7	1
20744	Малые Кармакулы	-15,9	-11,4	4,5	4	1,1
22003	Вайда-Губа	-5,9	-4,6	1,4	1,7	0,8
22012	Цып-Наволоок	-6,4	-5,4	1	2,2	0,5
22028	Териберка	-8,4	-9,4	1	2,3	-0,5
22113	Мурманск город	-11,3	-9,7	1,7	3,2	0,5
22193	Бугрино	-13,7	-11,4	2,3	4,1	0,6
22292	Инди́га	-15,9	-13,9	1,9	4,3	0,4
23103	Ходовариха	-17,1	-14,8	2,3	4,1	0,6
23104	Сенгейский Шар	-15,8	-14,1	1,7	4,1	0,4
23112	Варандей	-19	-16,8	2,2	4,5	0,5
23114	Мыс Шведский	-18,4	-16,4	2	4,4	0,5
23205	Нарьян-Мар	-19	-16,9	2,1	4,7	0,5

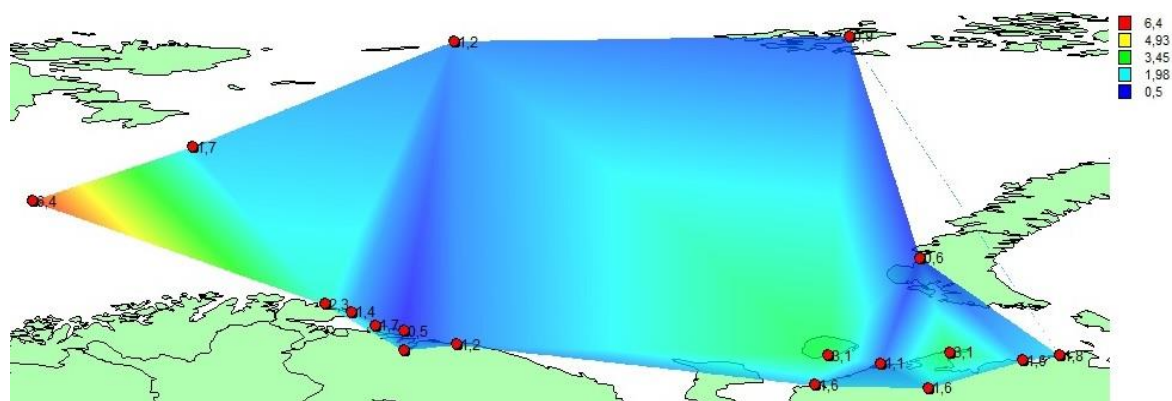


Рисунок 2.7 - Пространственное распределение $\Delta \text{тр} \%$ нестационарных моделей за весь период наблюдений

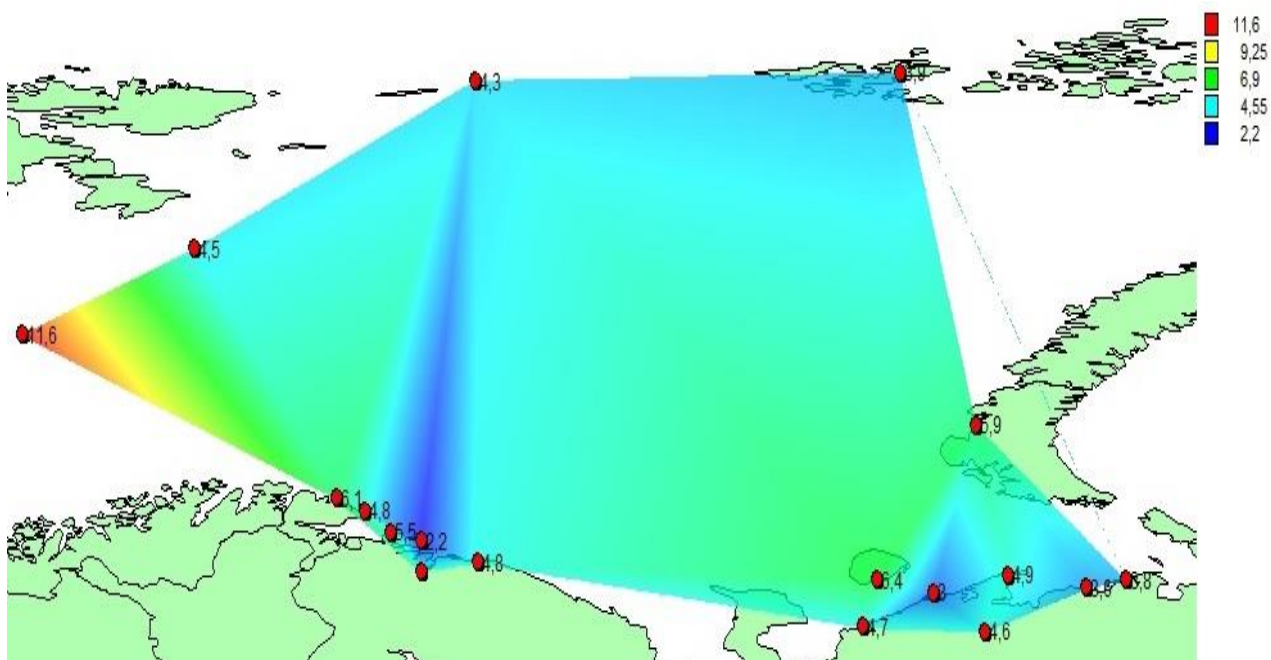


Рисунок 2.8 - Пространственное распределение $\Delta st, \%$ нестационарных моделей за весь период наблюдений

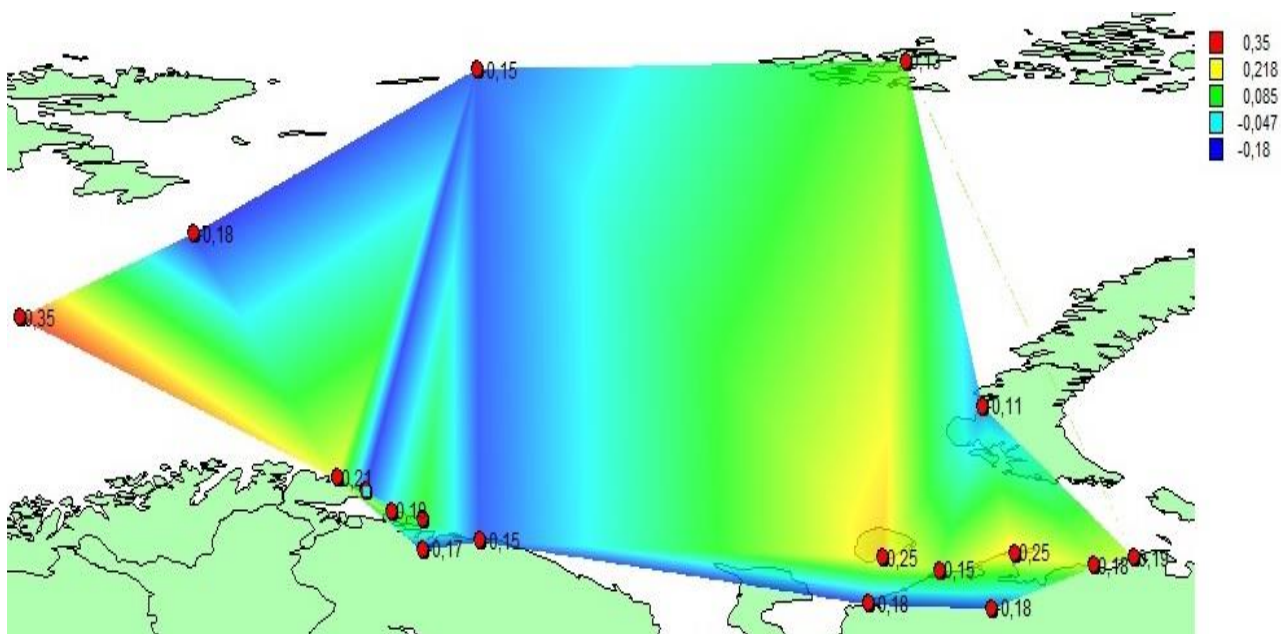


Рисунок 2.9 - Пространственное распределение показателей R нестационарных моделей за весь период наблюдений

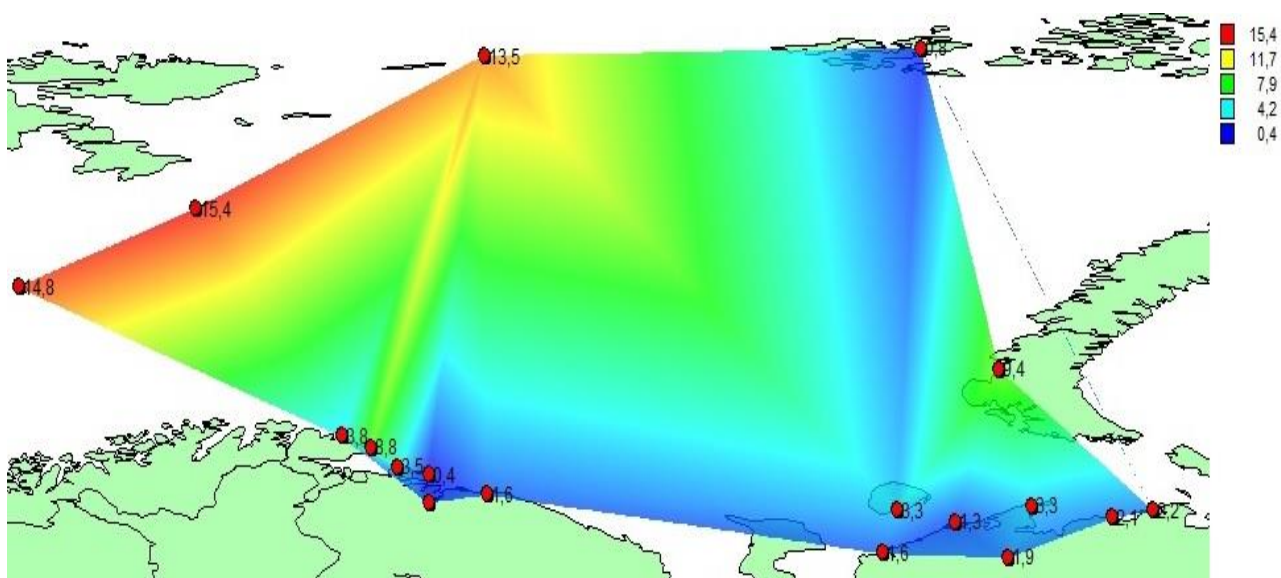


Рисунок 2.10 - Пространственное распределение показателей $\Delta_{tr}, \%$ нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г

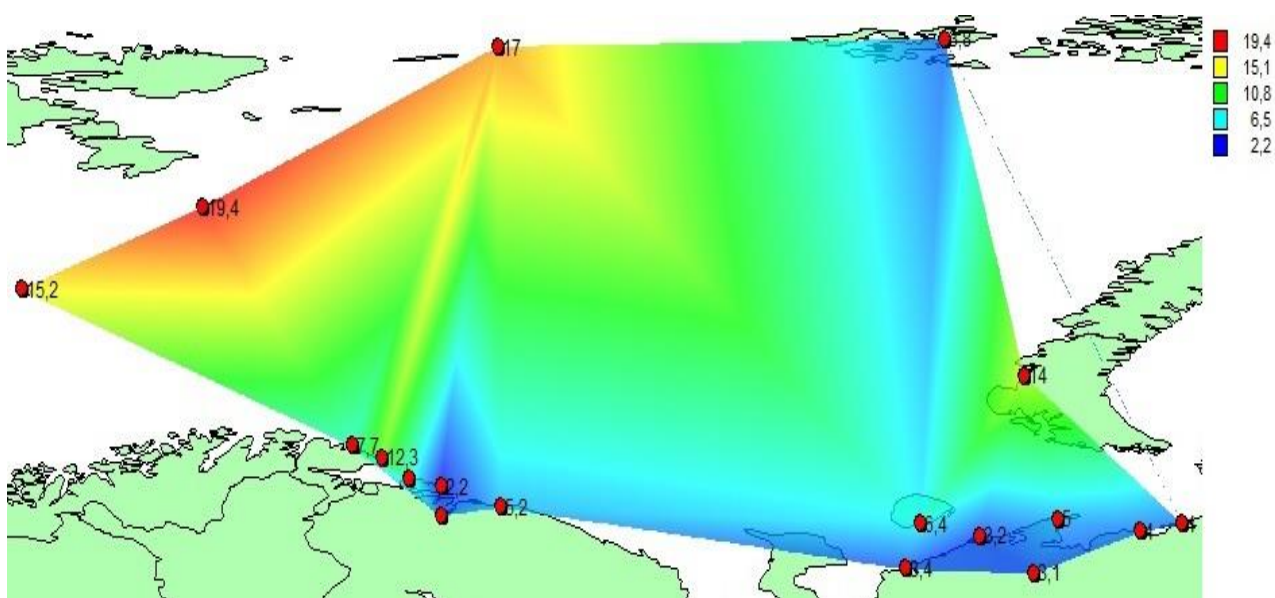


Рисунок 2.11 - Пространственное распределение показателей $\Delta_{ст}, \%$ нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г

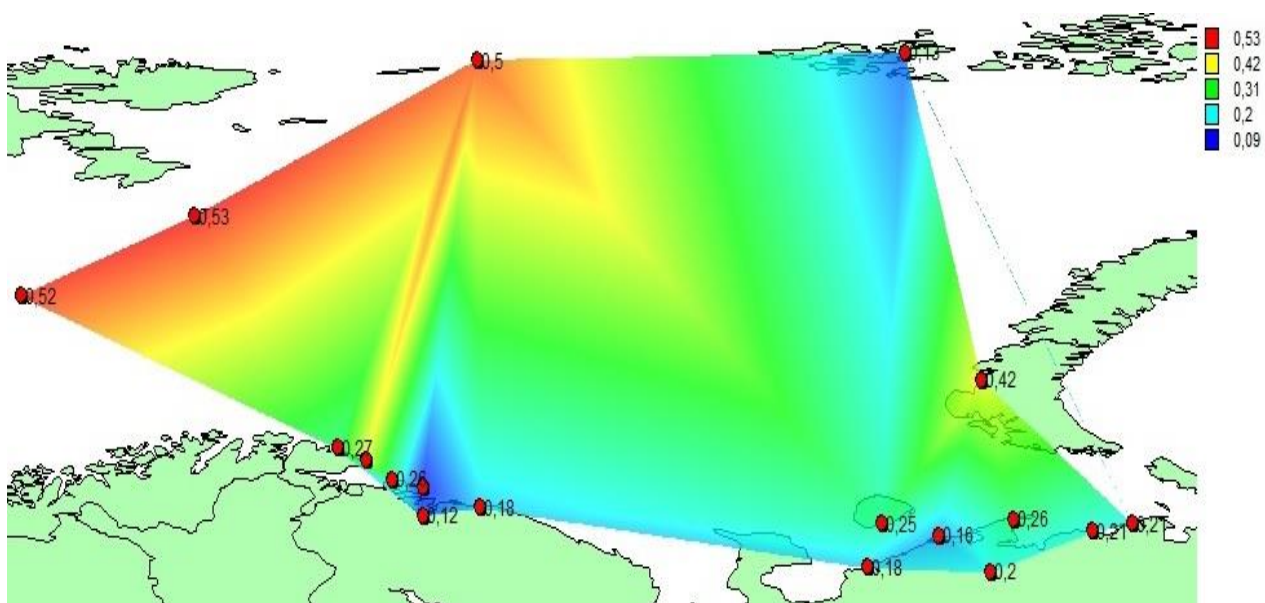


Рисунок 2.12 - Пространственное распределение показателей R_{tr} нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г

Анализируя таблицу 2.3 и представление ее данных на рис.2.13-2.14 можно сказать, что за период с 1960 по 2022 год на всех станциях произошло потепление в среднем на $2,5^{\circ}$.

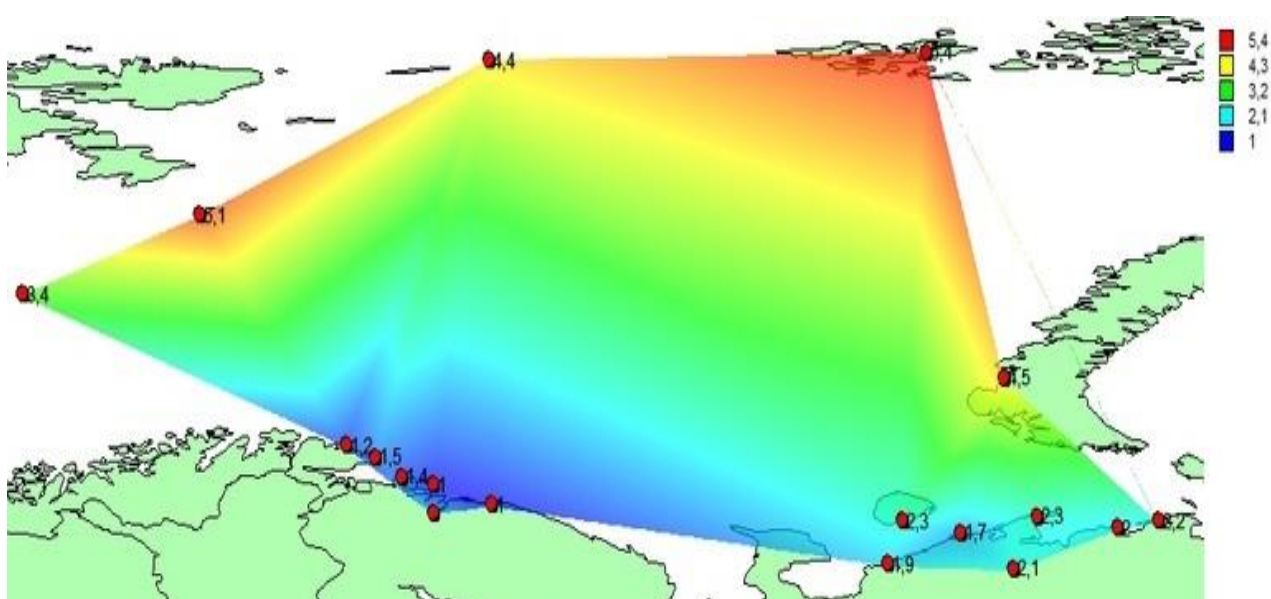


Рисунок 2.13 - Интерполяция $dcp. ^{\circ}$

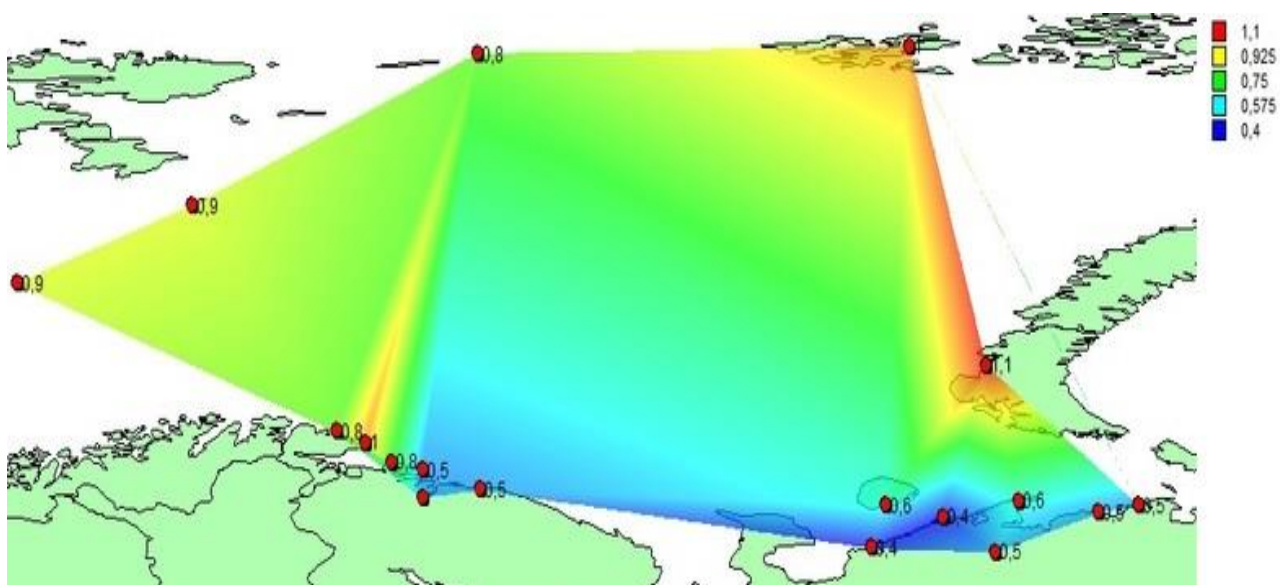


Рисунок 2.14 - Интерполяция отношения в долях естественной изменчивости

2.2 Характеристики стационарной и нестационарной моделей для многолетних температур в июле

На основе методики, используемой для оценки эффективности нестационарных моделей, получены необходимые характеристики для многолетней среднемесячной температуры в июле на 18 метеостанциях акватории Баренцева моря.

Отчет об оценке эффективности нестационарных моделей многолетних рядов температуры июля представлен в таблице 2.4 и на рисунке 2.15-2.17.

Таблица 2.4

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур июля

Код	$\Delta_{тр},\%$	$\Delta_{ст},\%$	$F_{тр}$	$F_{ст}$	$T_{ст}$	$T_{нач}$	$T_{к}$	n	R
1011	1,3	4,6	1,03	1,10	1922	1911	2022	111	-0,16
1028	7,6	8,0	1,17	1,18	2002	1946	2022	77	0,38
1062	1,9	4,5	1,04	1,10	1956	1945	2022	77	-0,20
1092	0,9	2,2	1,02	1,05	1999	1951	2022	72	0,13
1098	0,9	4,8	1,02	1,10	1848	1829	2022	185	-0,13
20046	0,9	3,9	1,02	1,08	2000	1957	2022	64	0,13
20744	1,7	4,4	1,03	1,09	2012	1922	2022	100	0,18
22003	4,1	5,3	1,09	1,11	2000	1940	2022	83	0,28
22012	2,5	4,4	1,05	1,09	1970	1959	2022	63	-0,22
22028	1,1	2,9	1,02	1,06	2000	1893	2022	130	0,15
22113	0,0	1,9	1,00	1,04	1929	1918	2022	103	-0,03
22193	2,5	4,4	1,05	1,09	1970	1959	2022	63	-0,22
22292	1,6	4,6	1,03	1,10	1934	1923	2022	99	-0,18
23103	2,5	4,4	1,05	1,09	1970	1959	2022	63	-0,22
23104	2,5	4,4	1,05	1,09	1970	1959	2022	63	-0,22
23112	2,5	4,4	1,05	1,09	1970	1959	2022	63	-0,22
23114	1,0	3,5	1,02	1,07	2004	1959	2022	64	0,14
23205	0,0	1,9	1,00	1,04	1990	1926	2022	93	0,02



Рисунок 2.15 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений ($\Delta_{тр},\%$)

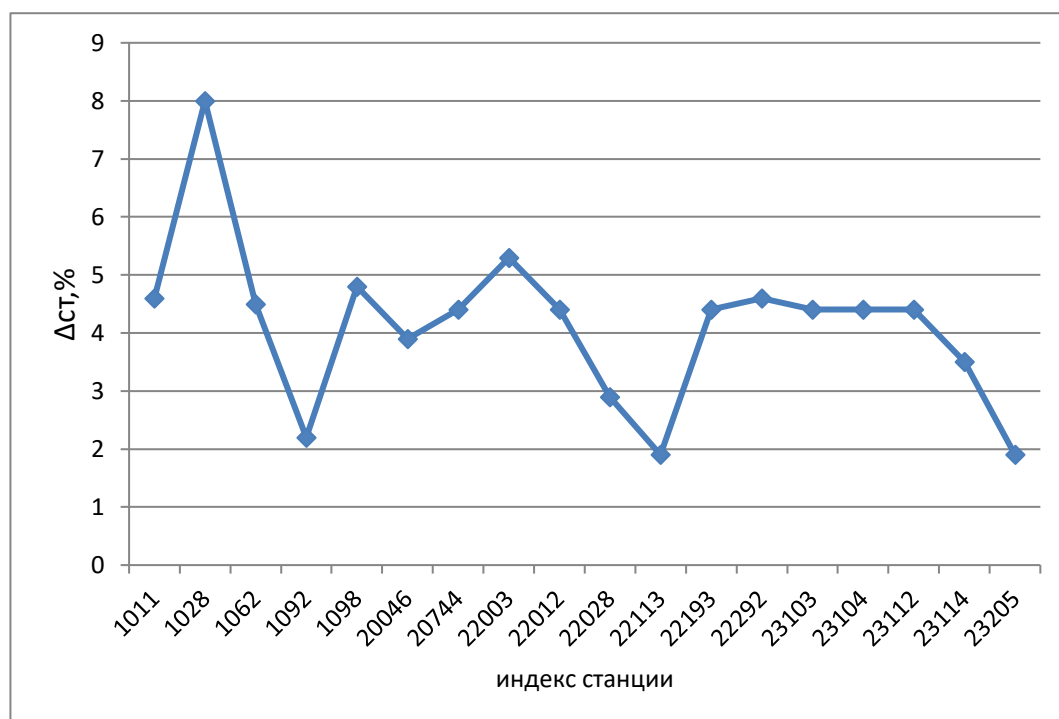


Рисунок 2.16 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений ($\Delta_{ст}, \%$)

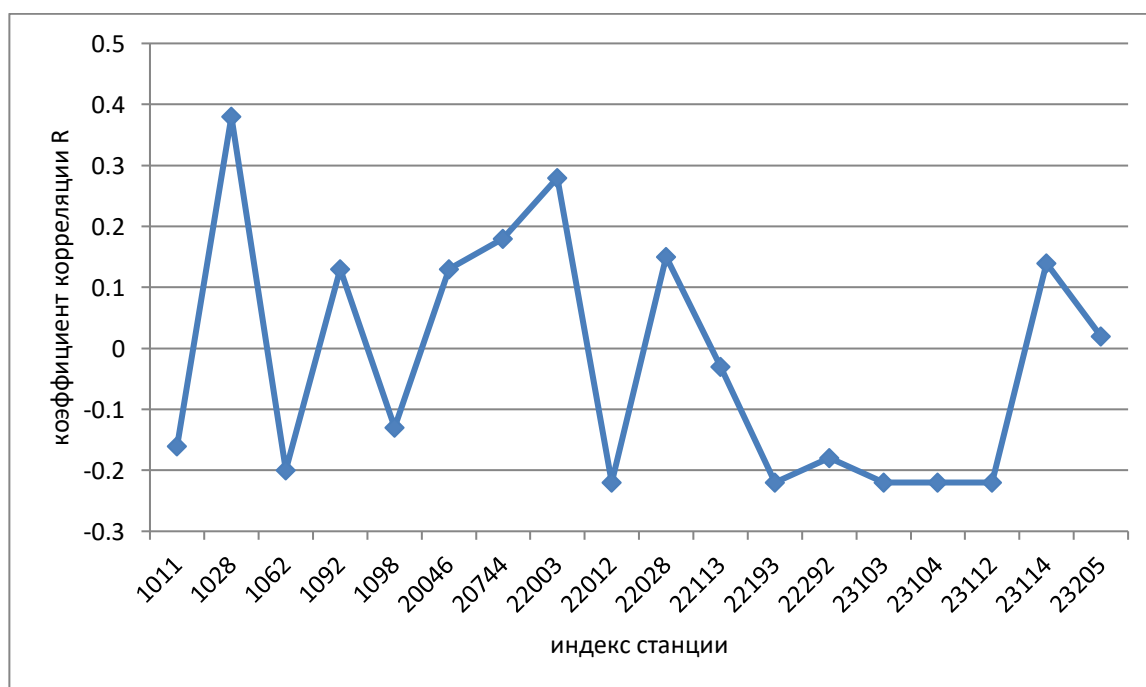


Рисунок 2.17 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений (R)

По данным таблицы 2.4 и графиков на рисунке 2.15-2.17 можно сделать вывод, что показатели $\Delta_{тр}$ и $\Delta_{ст}$ не превышают 10% и не являются статистически важными на всех станциях, в то время как коэффициенты корреляции температуры со временем статистически значимы лишь для 2 рядов и эти ряды имеют тенденцию к увеличению.

На основе расчетов было показано, насколько стабильными будут нестационарные модели, если рассматривать последние наблюдения с 1960 года (табл.2.5). .

Таблица 2.5

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур июля при общем начале рядов наблюдений 1960г

Код	$\Delta_{тр},\%$	$\Delta_{ст},\%$	$F_{тр}$	$F_{ст}$	$T_{ст}$	$T_{нач}$	$T_{к}$	n	R
1011	24,0	24,0	1,73	1,73	1998	1960	2022	63	0,65
1028	6,4	7,4	1,14	1,16	2002	1960	2022	63	0,35
1062	15,0	16,2	1,39	1,42	1990	1960	2022	63	0,53
1092	0,2	1,8	1,00	1,04	1999	1960	2022	63	0,06
1098	2,3	5,9	1,05	1,13	2001	1960	2022	63	0,21
20046	0,8	3,8	1,02	1,08	2002	1960	2022	61	0,12
20744	1,2	4,8	1,03	1,10	2012	1960	2022	63	0,16
22003	0,9	3,8	1,02	1,08	2000	1960	2022	63	0,14
22012	6,0	8,5	1,13	1,19	1999	1961	2022	62	0,34
22028	0,7	3,3	1,01	1,07	2000	1960	2022	63	0,12
22113	0,8	3,1	1,02	1,07	2009	1960	2022	62	0,13
22193	5,3	9,3	1,11	1,21	2000	1961	2022	62	0,32
22292	1,6	4,6	1,03	1,10	1998	1960	2022	63	0,18
23103	3,2	6,4	1,07	1,14	2000	1961	2022	62	0,25
23104	1,2	2,7	1,02	1,06	2000	1961	2022	62	0,15
23112	2,7	5,4	1,06	1,12	2004	1961	2022	62	0,23
23114	1,9	4,2	1,04	1,09	2004	1960	2022	63	0,20
23205	0,1	2,7	1,00	1,06	1990	1960	2022	60	0,04

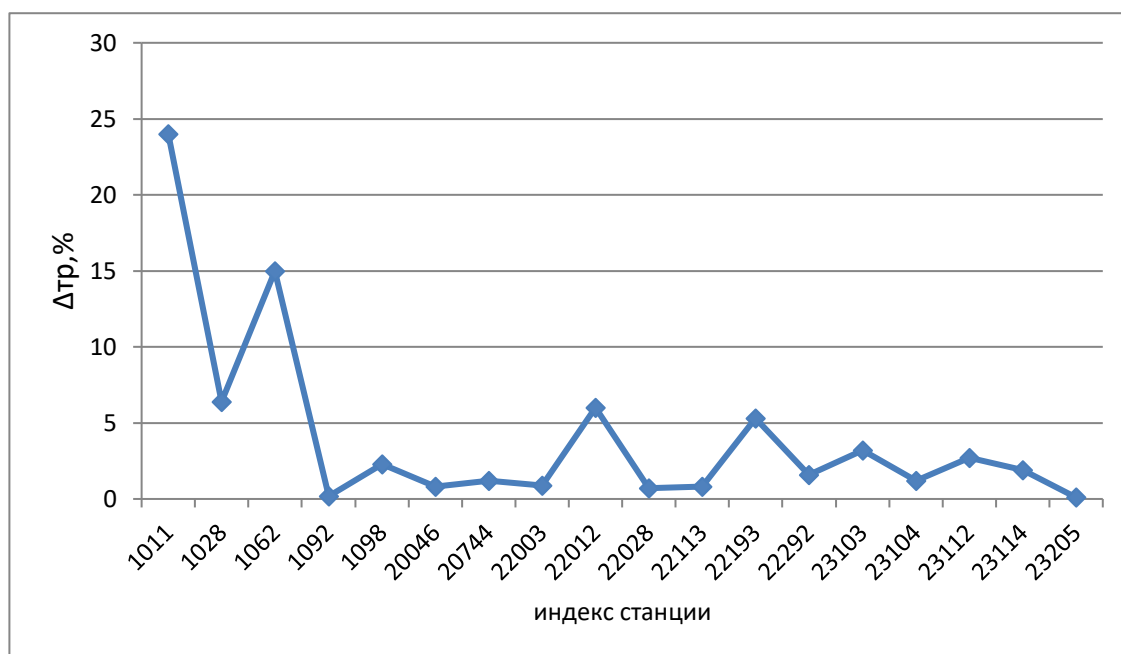


Рисунок 2.18 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г ($\Delta_{тр}, \%$)

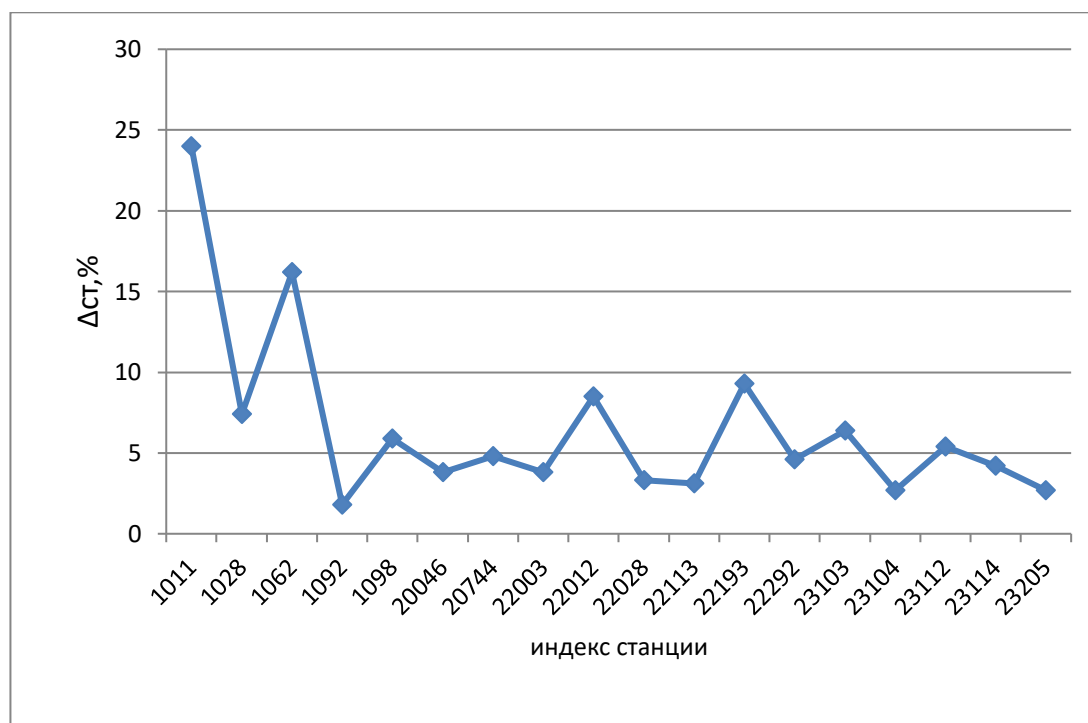


Рисунок 2.19 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г ($\Delta_{ст}, \%$)

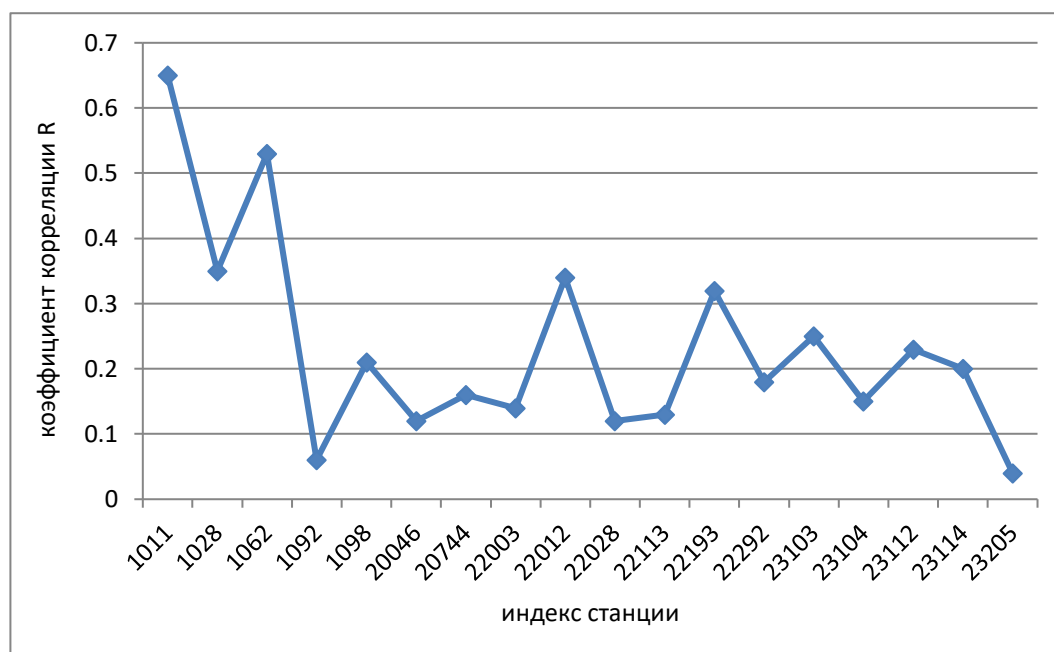


Рисунок 2.20 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г (R)

Из результатов таблицы 2.5 и рис. 2.18-2.20 следует, что за последний период наблюдений с 1960 г нестационарными являются 2 ряда на метеостанциях Остров Белый (Kvitoya) и Хопен. При этом коэффициенты корреляции температур со временем становятся статистически значимыми для 5 рядов.

В качестве определения распределения нестационарной однородности были построены пространственные интерполяционные модели, рассчитанные отклонения от стационарных моделей для всей длительности наблюдения (рисунки 2.21-2.23) и последней части ряда с 1960 года (рис. 2.24-2.26)

Следующий ряд 1960-2022 был разделен на две части 1960-1990 гг. и 1991-2022гг, найдены средние значения двух частей и дельта средних в градусах (табл. 2.6)

Таблица 2.6

Оценка изменения температуры на территории за период с 1960г

Код	Название	ср.1	ср.2	d ср. °	СКО	Отношение
1011	Kvitoya	5,9	7,1	1,2	1,2	1
1028	Bjornoa	4,5	5,3	0,8	1,3	0,7
1062	Норен	2	3,2	1,2	1,1	1
1092	Makkaur Fyr	10,3	10,3	0	1,8	0
1098	Vardo	9,3	9,9	0,6	1,5	0,4
20046	Остров Хейса	0,8	0,8	0	0,5	0
20744	Малые Кармакулы	7,1	8,4	1,3	2,4	0,5
22003	Вайда-Губа	10,7	11	0,3	1,9	0,2
22012	Цып-Наволоок	9,4	10,1	0,7	2	0,4
22028	Териберка	11,6	12	0,4	2,4	0,2
22113	Мурманск город	12,8	13,4	0,6	2,2	0,3
22193	Бугрино	8,6	9,5	1	2,2	0,4
22292	Инди́га	10,7	11,5	0,8	2,6	0,3
23103	Ходовариха	8,9	9,8	0,9	2,6	0,3
23104	Сенгейский Шар	10	10,5	0,4	2,6	0,2
23112	Варандей	9,5	10,6	1,1	2,8	0,4
23114	Мыс Шведский	10,5	11,4	0,9	2,7	0,3
23205	Нарьян-Мар	13,3	13,9	0,7	2,7	0,3

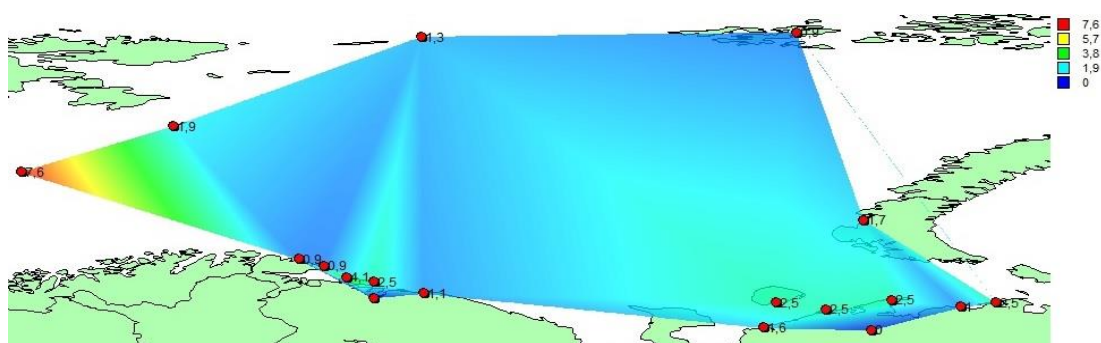


Рисунок 2.21 - Пространственное распределение показателей $\Delta tr, \%$, нестационарных моделей за весь период наблюдений

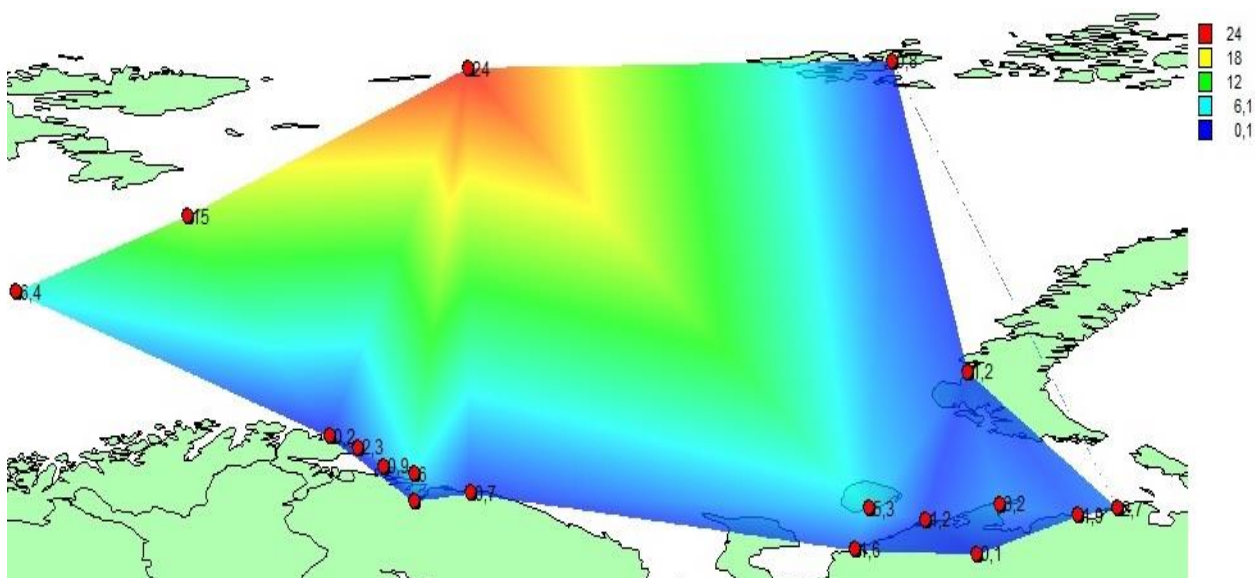


Рисунок 2.24 - Пространственное распределение показателей $\Delta_{тр},\%$ нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г

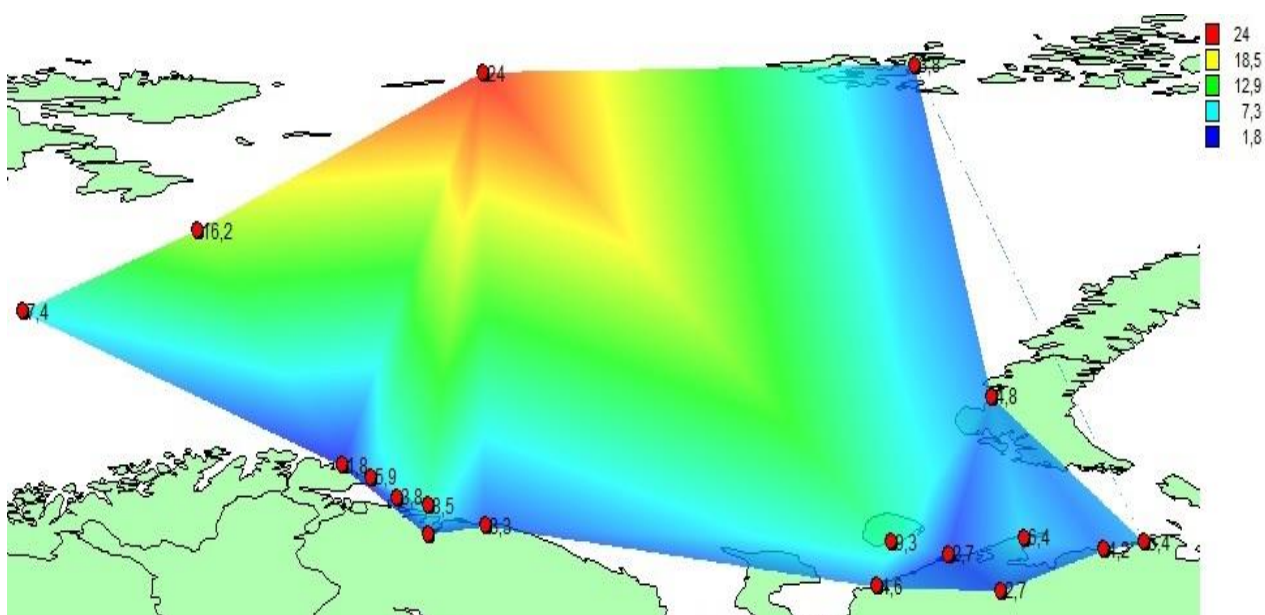


Рисунок 2.25 - Пространственное распределение показателей $\Delta_{ст}, \%$ нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г

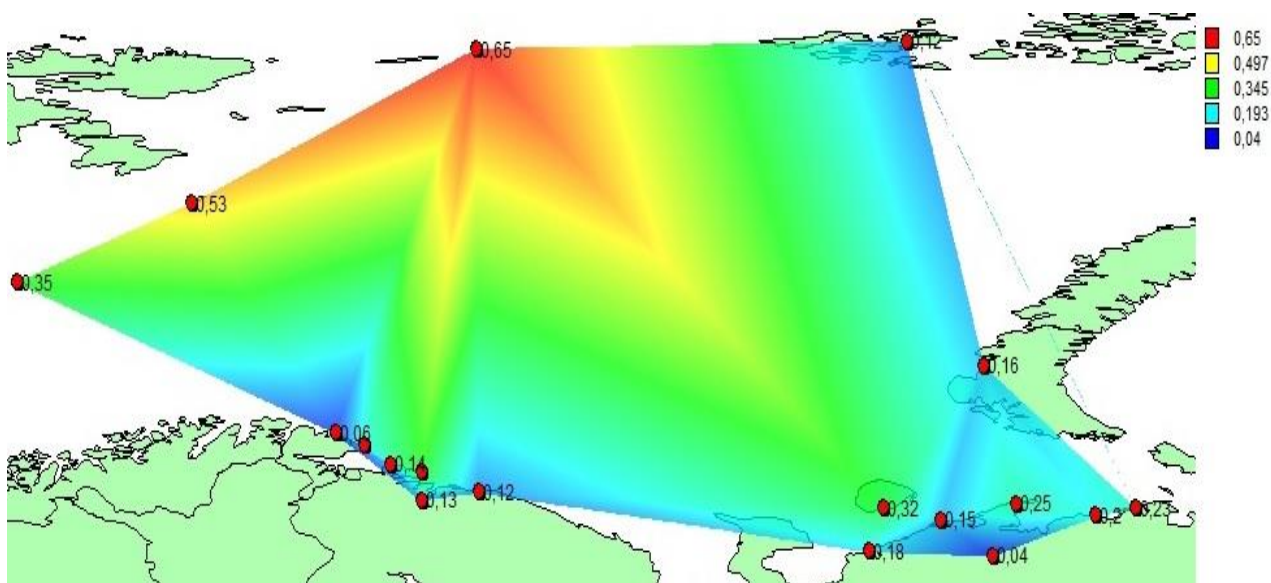


Рисунок 2.26 - Пространственное распределение показателей R_{tr} нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г

В результате анализирования таблицы 2.6, представления данных в виде рисунка 2.27-2.28 возможно сказать: за период с 1960 по 2022 год на всех станциях прослеживалось потепление, в то время как на станции Маяк Маккар зафиксировано похолодание на $0,3^{\circ}$.

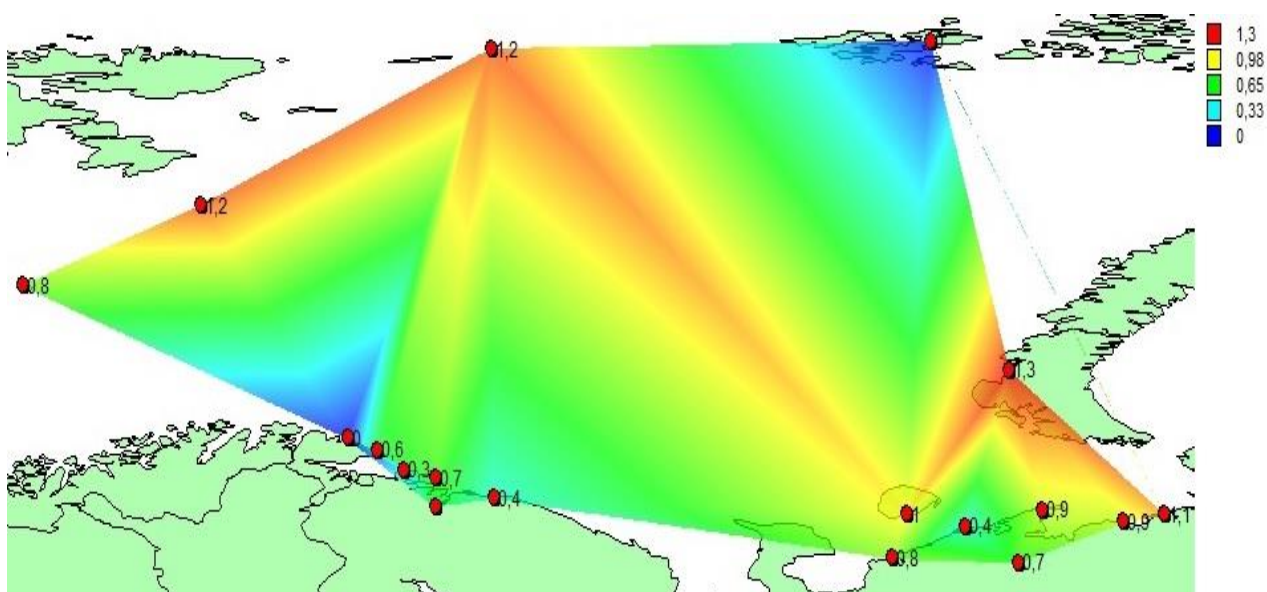


Рисунок 2.27 - Интерполяция $\text{ср. } ^{\circ}$

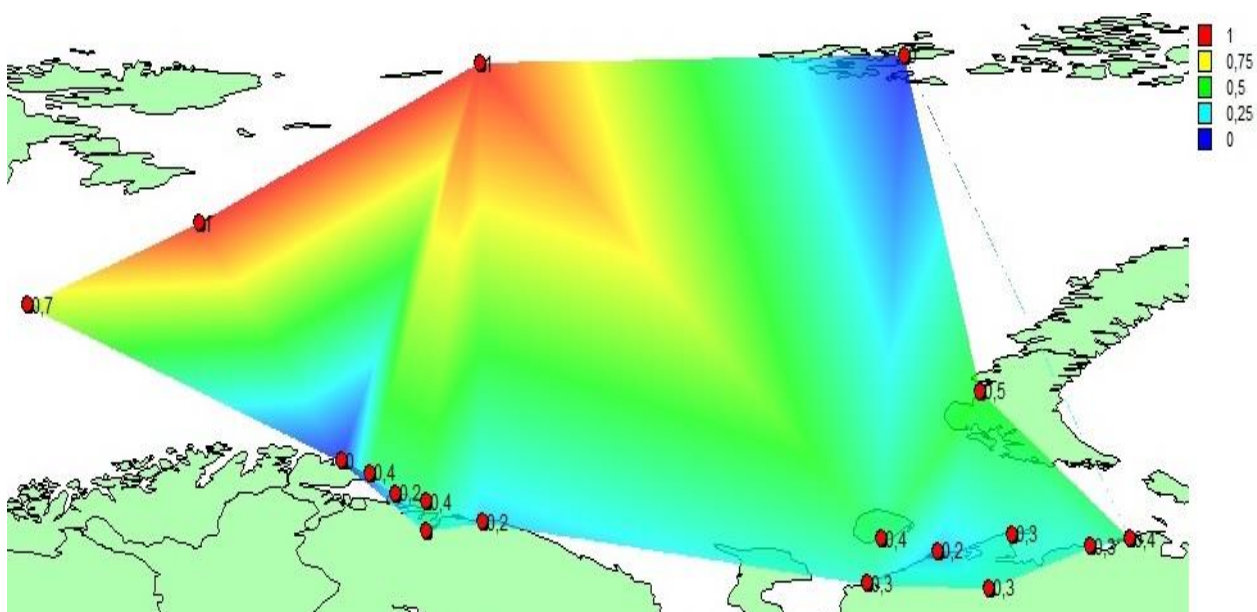


Рисунок 2.28 - Интерполяция отношения в долях естественной изменчивости

3. Оценка климатических изменений температур для переходного периода и среднегодовых температур

3.1 Характеристики стационарной и нестационарной моделей для многолетних температур в апреле

В результате применения этого метода, были получены необходимые характеристики стационарной модели в переходный месяц (апрель) на 18 метеостанциях Баренцева моря. Показатели оценки эффективности нестационарных моделей многолетних рядов температуры апреля показаны в табл. 3.1 и на рисунке 3.1-3.3.

Таблица 3.1

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур апреля

Код	$\Delta_{тр},\%$	$\Delta_{ст},\%$	$F_{тр}$	$F_{ст}$	$T_{ст}$	$T_{нач}$	$T_{к}$	n	R
1011	1,1	4,4	1,02	1,9	1922	1911	2022	111	-0,15
1028	7,3	10,5	1,16	1,25	2002	1946	2022	77	0,38
1062	1,9	4,5	1,04	1,10	1956	1945	2022	77	-0,19
1092	5,8	9,5	1,13	1,22	1999	1951	2022	72	0,34
1098	0,9	4,8	1,02	1,10	1848	1829	2022	185	-0,13
20046	0,9	3,9	1,02	1,08	2002	1957	2022	64	0,13
20744	3,4	9,9	1,07	1,23	2007	1922	2022	100	0,26
22003	8,4	11,9	1,19	1,29	1999	1940	2022	83	0,40
22012	2,5	4,4	1,05	1,09	1970	1959	2022	63	-0,22
22028	1,2	4,8	1,02	1,10	1904	1893	2022	129	-0,15
22113	1,5	4,7	1,03	1,10	1929	1918	2022	104	-0,17
22193	9,2	12,7	1,21	1,31	2000	1959	2022	64	0,42
22292	1,6	4,6	1,03	1,10	1934	1923	2022	99	-0,18
23103	8,8	10,6	1,20	1,25	2000	1959	2022	64	0,41
23104	8,3	10,2	1,19	1,24	1989	1959	2022	64	0,40
23112	7,3	9,6	1,16	1,22	2007	1959	2022	64	0,38
23114	5,1	9,1	1,11	1,21	2010	1959	2022	64	0,32
23205	1,6	4,6	1,03	1,10	1937	1926	2022	96	-0,18

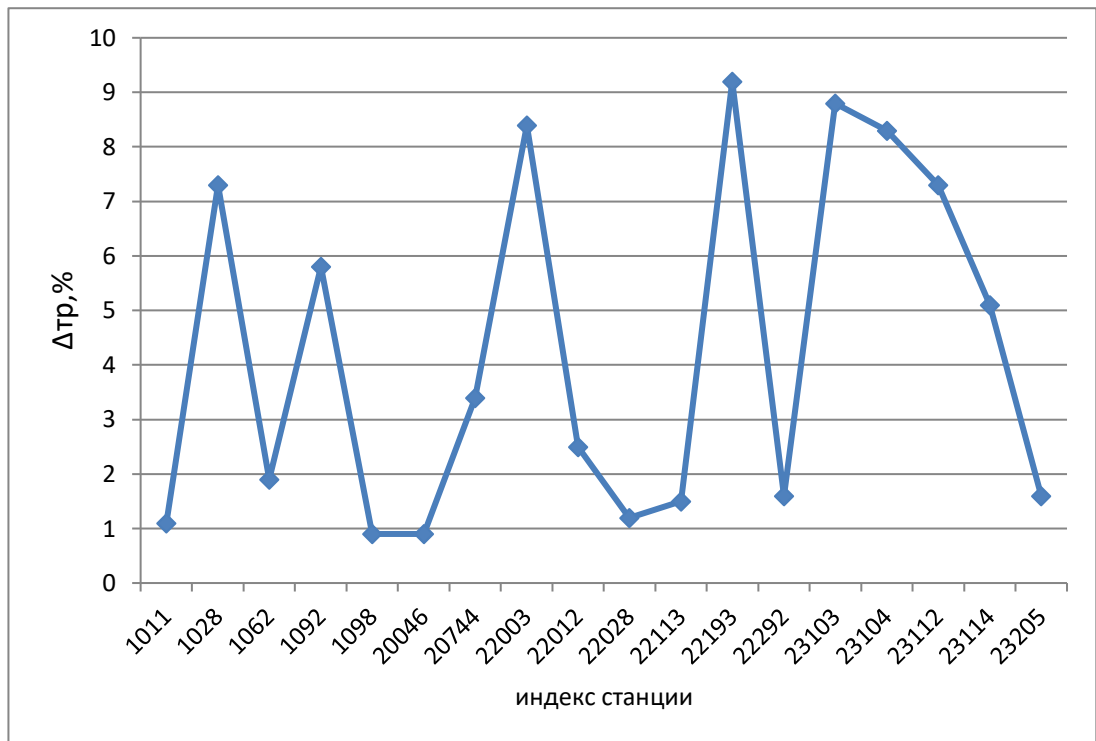


Рисунок 3.1 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений ($\Delta_{тр}, \%$)

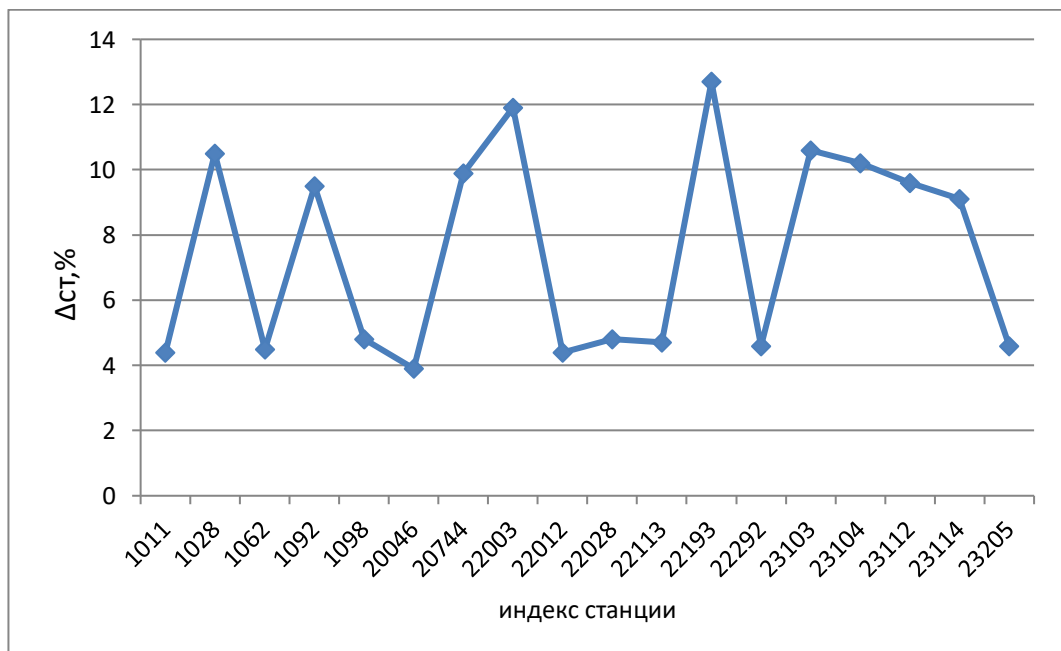


Рисунок 3.2 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений ($\Delta_{ст}, \%$)

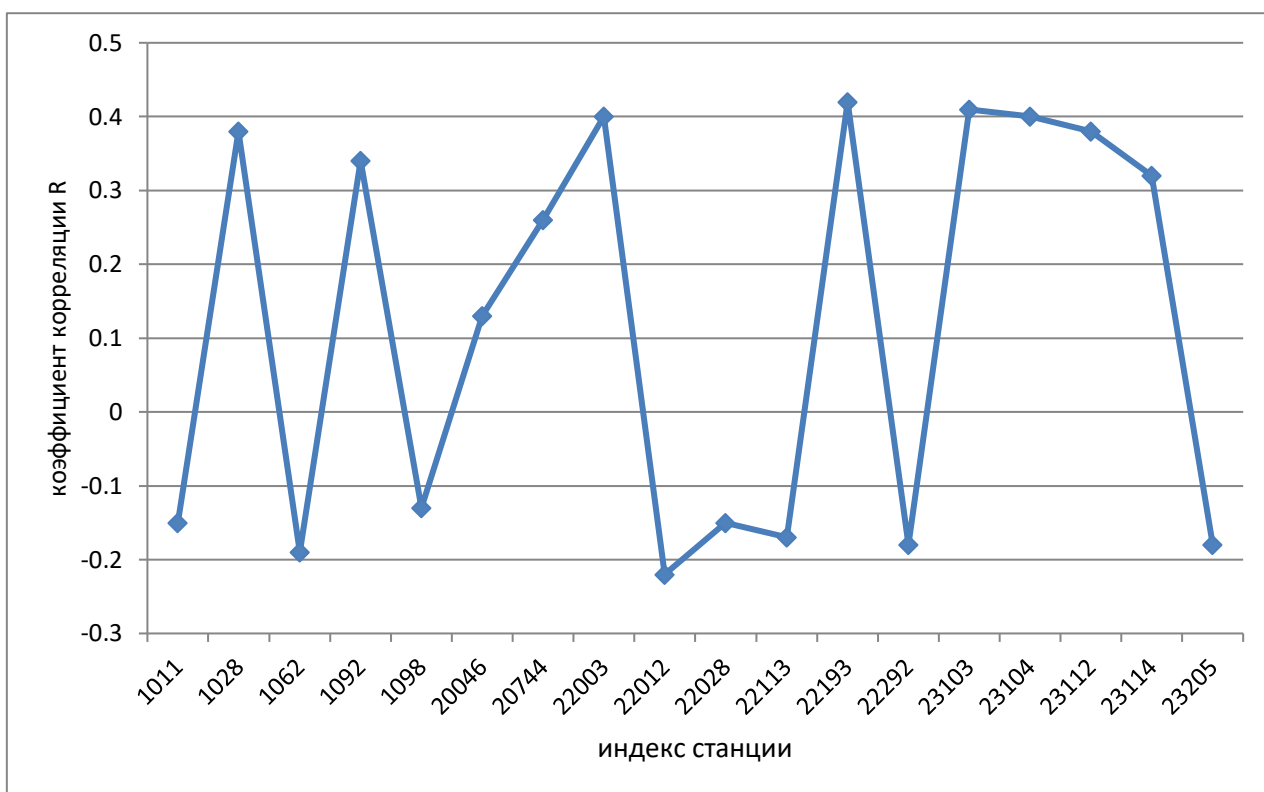


Рисунок 3.3 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений (R)

После получения результатов расчёта $\Delta_{тр}$ и $\Delta_{ст}$, нам известно, что в апреле при $\Delta > 10\%$ является 5 рядов наблюдений среднемесячной температуры за месяц следуя из модели ступенчатых изменений. Статистически значимыми коэффициентами корреляции, при значении $R > 0,26$, являются 9 рядов.

В среднем показатель $\Delta_{тр} = 4,3\%$ (при вариации от 0,9% на метеостанции Вардо до 9,2% на метеостанции Бугрино), а модели ступенчатых изменений – 7,5% (при вариации от 4,4% на метеостанции Квитоя(1011) до 12,7% на метеостанции Бугрино).

А также провели расчеты, чтобы показать стабильность нестационарных моделей в случае рассмотрения последнего периода наблюдений с 1960 года. (табл. 3.2, рис. 3.4-3.6)

Таблица 3.2

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур апреля при общем начале рядов наблюдений 1960г

Код	$\Delta_{тр},\%$	$\Delta_{ст},\%$	F _{тр}	F _{ст}	T _{ст}	T _{нач}	T _к	n	R
1011	14,9	15,1	1,38	1,39	2002	1960	2022	63	0,52
1028	10,2	11,5	1,24	1,28	2002	1960	2022	63	0,44
1062	10,7	14,2	1,25	1,36	1989	1960	2022	63	0,45
1092	6,5	9,7	1,14	1,23	1999	1960	2022	63	0,35
1098	10,8	14,4	1,26	1,36	1999	1960	2022	63	0,45
20046	0,8	3,8	1,02	1,08	2002	1960	2022	61	0,13
20744	11,6	15,9	1,28	1,41	2007	1960	2022	63	0,47
22003	11,7	13,5	1,28	1,34	1999	1960	2022	63	0,47
22012	10,4	12,0	1,25	1,29	2000	1961	2022	62	0,44
22028	7,4	10,5	1,17	1,25	1999	1960	2022	63	0,38
22113	5,6	7,0	1,12	1,16	1989	1960	2022	63	0,33
22193	8,7	12,5	1,20	1,30	2000	1960	2022	63	0,41
22292	6,4	9,0	1,14	1,21	1994	1960	2022	63	0,35
23103	7,8	10,4	1,18	1,24	2010	1960	2022	63	0,39
23104	7,2	9,5	1,16	1,22	2000	1960	2022	63	0,37
23112	6,3	9,4	1,14	1,22	2007	1960	2022	63	0,35
23114	7,2	10,2	1,16	1,24	2010	1960	2022	63	0,37
23205	7,0	9,2	1,16	1,21	2010	1960	2022	63	0,37

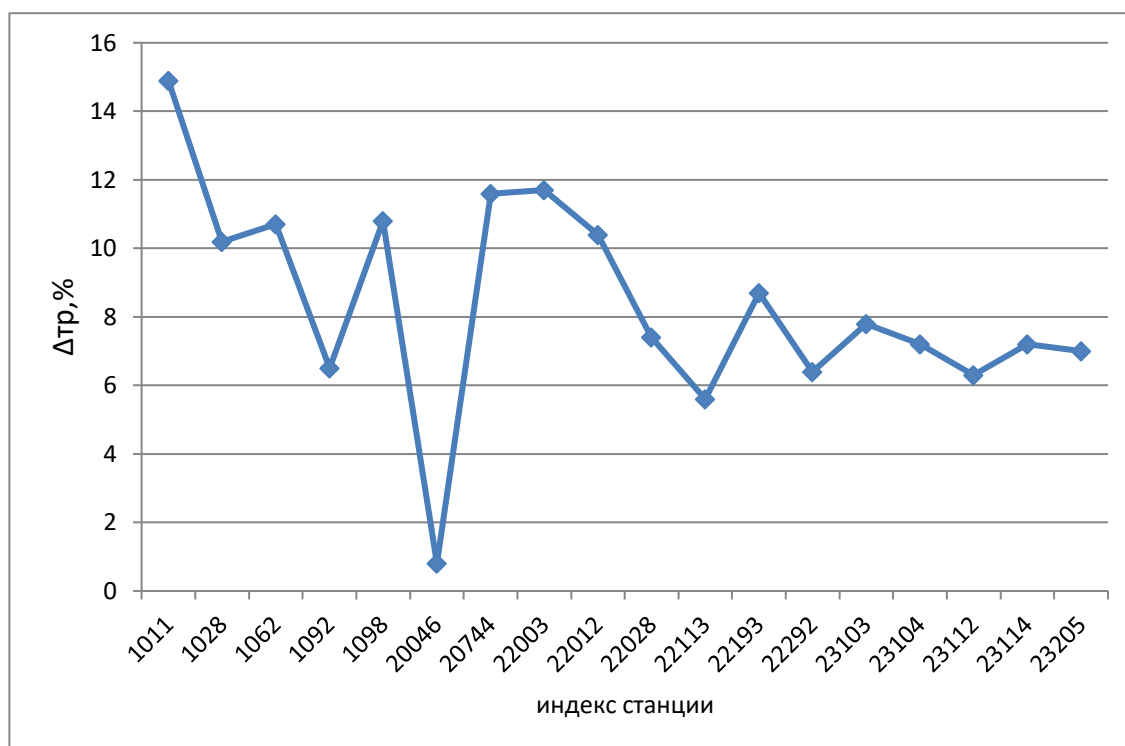


Рисунок 3.4 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г ($\Delta_{тр}, \%$)

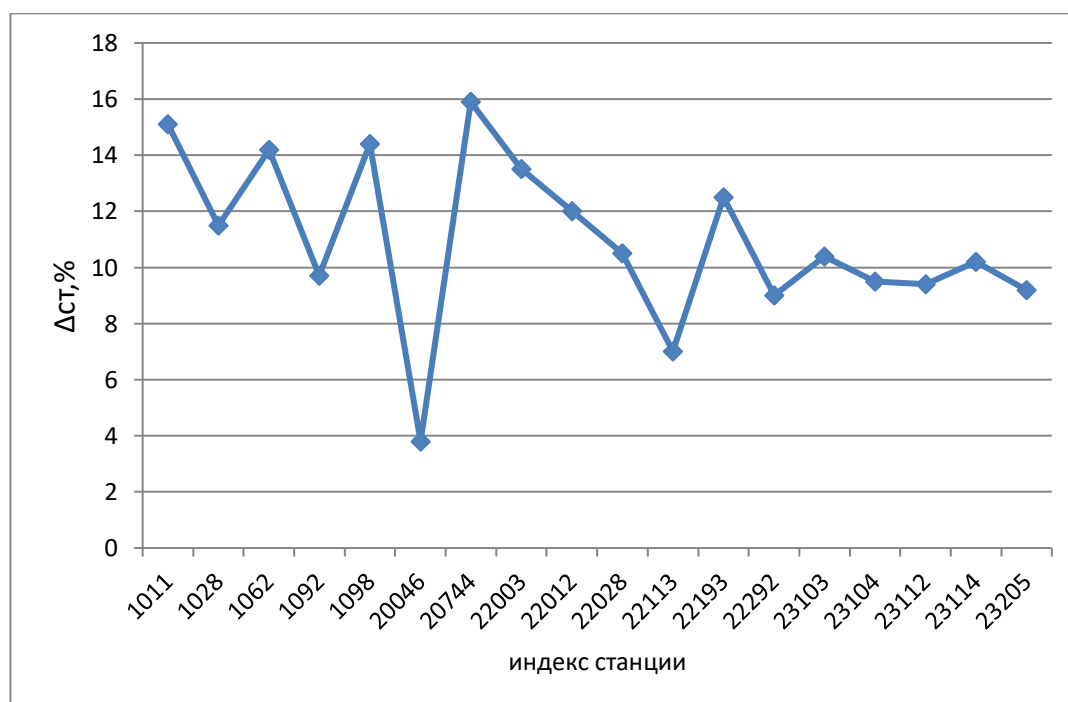


Рисунок 3.5 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г ($\Delta_{ст}, \%$)

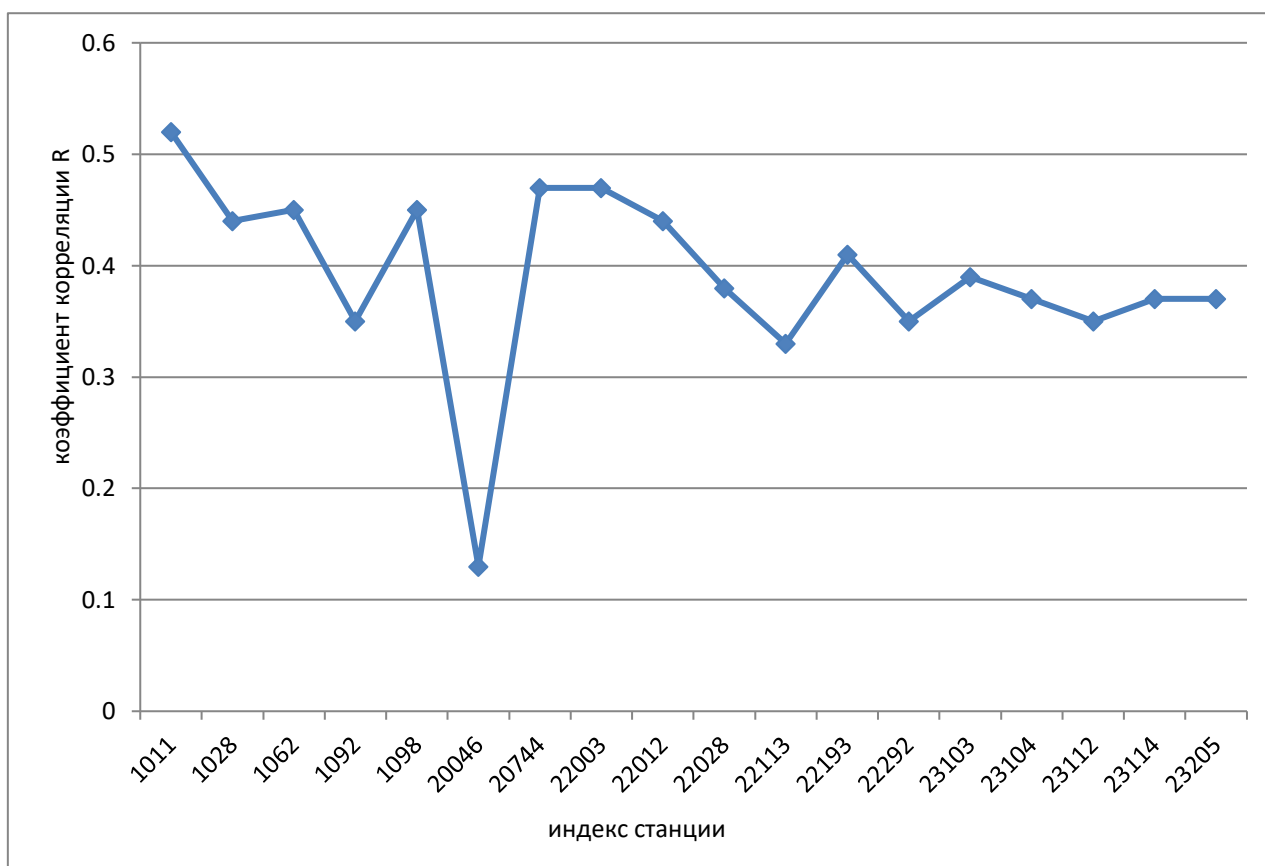


Рисунок 3.6 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г (R)

Как следует из результатов таблицы 3.2, так же рисунка 3.4-3.6, что за последний период наблюдений с 1960г. из 18 рядов коэффициенты корреляции уравнения тренда со временем статистически значимы для 17 рядов, следовательно не значимы всего лишь для одного ряда на станции Остров Хейса. Модель линейного тренда неэффективна в 11 случаях Модель ступенчатых изменений эффективна в одиннадцати случаях.

Ряд 1960-2022 был разделен на две части 1960-1990 гг. и 1991-2022гг., найдены средние значения двух частей и дельта средних в градусах, определено среднеквадратическое отклонение (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Оценка изменения температуры на территории за период с 1960г

Код	Название	ср.1	ср.2	d ср. °	СКО	Отношение
1011	Kvitoya	-12,2	-8,8	3,5	3,6	1
1028	Bjornoa	-5,3	-3,5	1,8	2,5	0,7
1062	Hopen	-11,1	-8	3,2	3,5	0,9
1092	Makkaur Fyr	-0,9	0,1	1	1,6	0,6
1098	Vardo	-1	0,3	1,3	1,6	0,8
20046	Остров Хейса	-19,9	-16,3	3,6	3,8	0,9
20744	Малые Кармакулы	-10,9	-6,7	4,1	3,5	1,2
22003	Вайда-Губа	-1,5	-0,1	1,3	1,7	0,8
22012	Цып-Наволоок	-1,8	-0,6	1,2	1,8	0,7
22028	Териберка	-2,1	-0,8	1,3	1,9	0,7
22113	Мурманск город	-1,5	-0,3	1,2	1,9	0,6
22193	Бугрино	-8,3	-5,6	2,7	3,3	0,8
22292	Инди́га	-6,9	-4,6	2,3	3,4	0,7
23103	Ходовариха	-9,8	-7	2,8	3,6	0,8
23104	Сенгейский Шар	-8,4	-5,9	2,6	3,5	0,7
23112	Варандей	-10,8	-7,9	2,9	4	0,7
23114	Мыс Шведский	-10,2	-7,4	2,8	4	0,7
23205	Нарьян-Мар	-7,6	-4,8	2,8	4	0,7

Распределение показателей нестационарности рядов температуры на рисунках 3.7-3.9 за весь период наблюдений, а также на рисунке 3.10-3.12 с началом данных в 1960г.

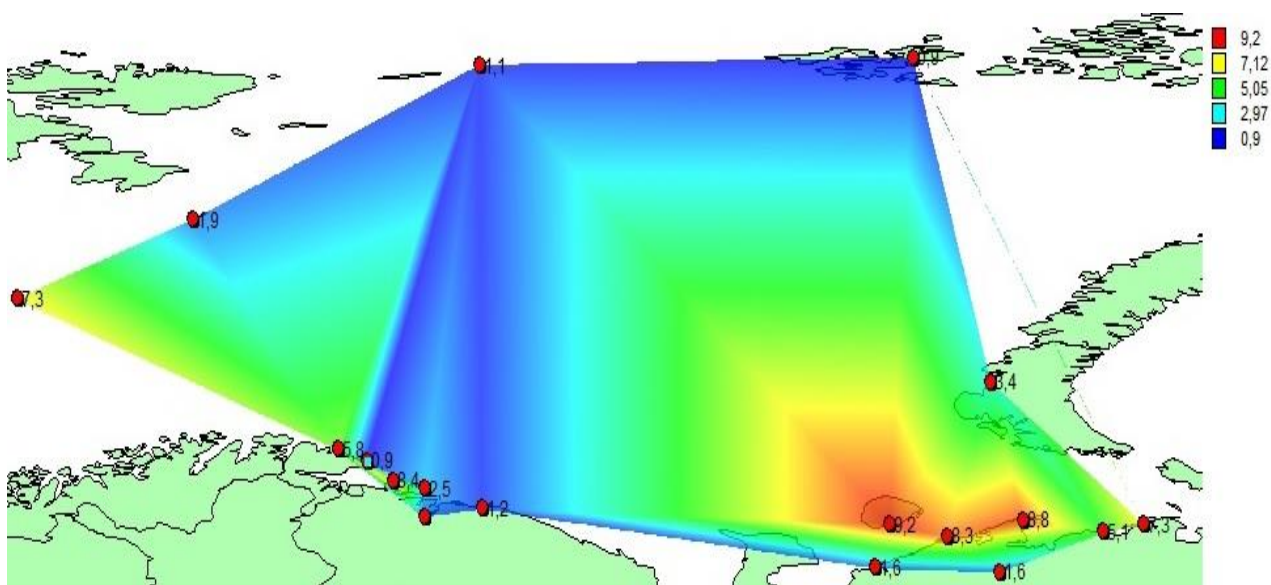


Рисунок 3.7 - Пространственное распределение показателей $\Delta tr, \%$ нестационарных моделей за весь период наблюдений

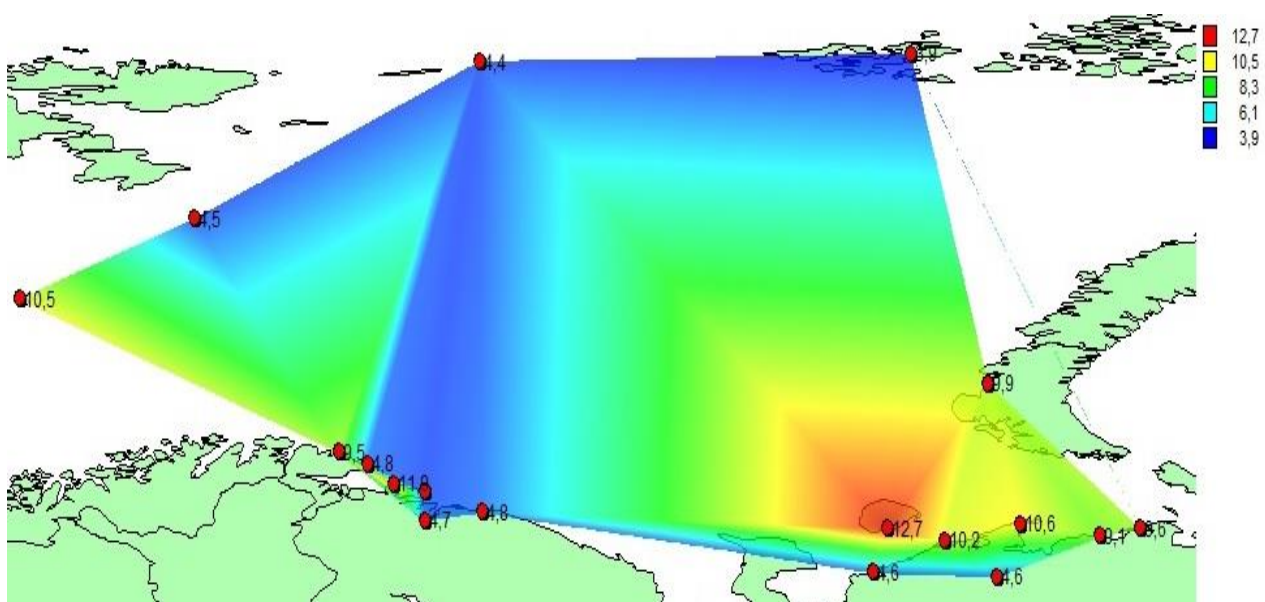


Рисунок 3.8 - Пространственное распределение показателей $\Delta st, \%$ нестационарных моделей за весь период

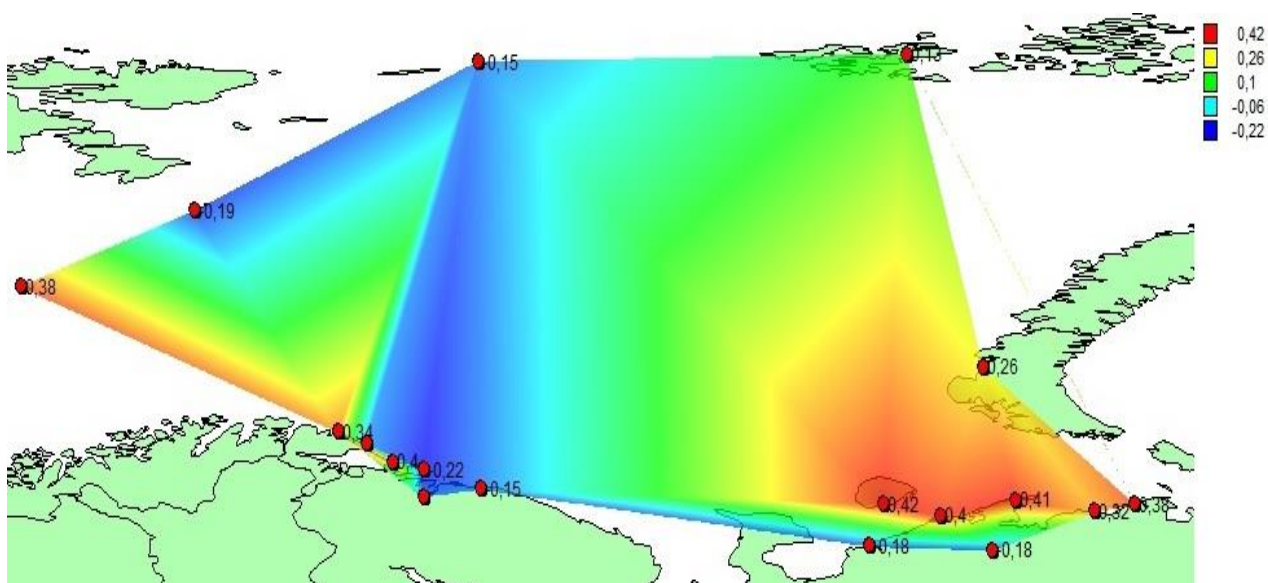


Рисунок 3.9 - Пространственное распределение показателей R нестационарных моделей за весь период наблюдений

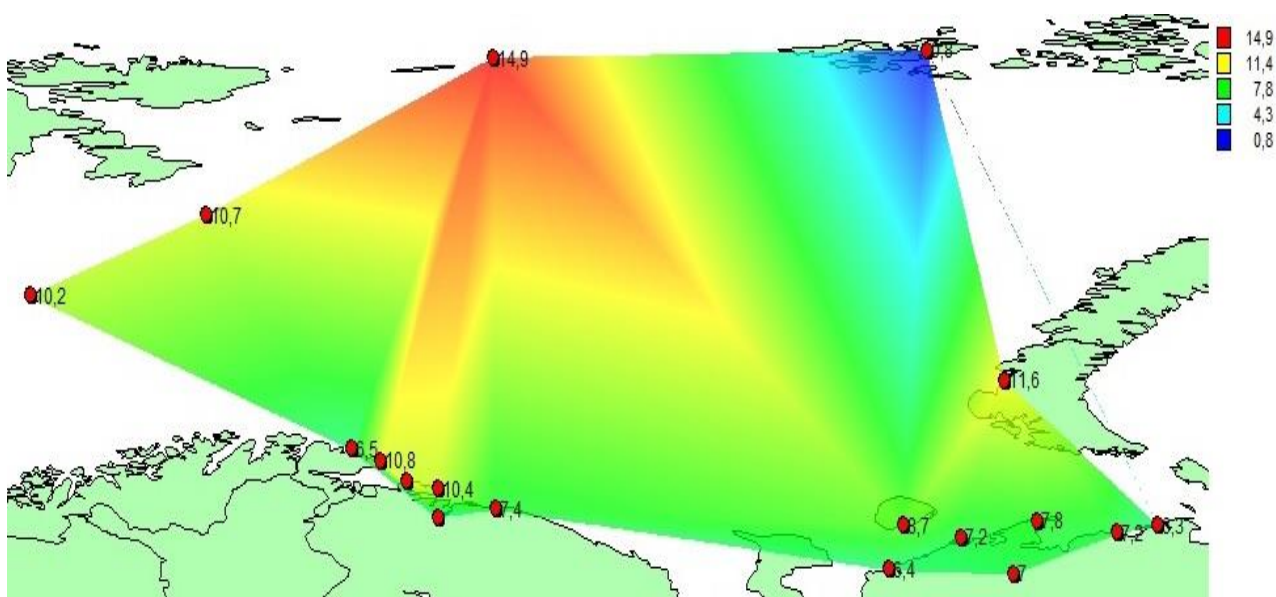


Рисунок 3.10 - Пространственное распределение показателей $\Delta tr, \%$ нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г

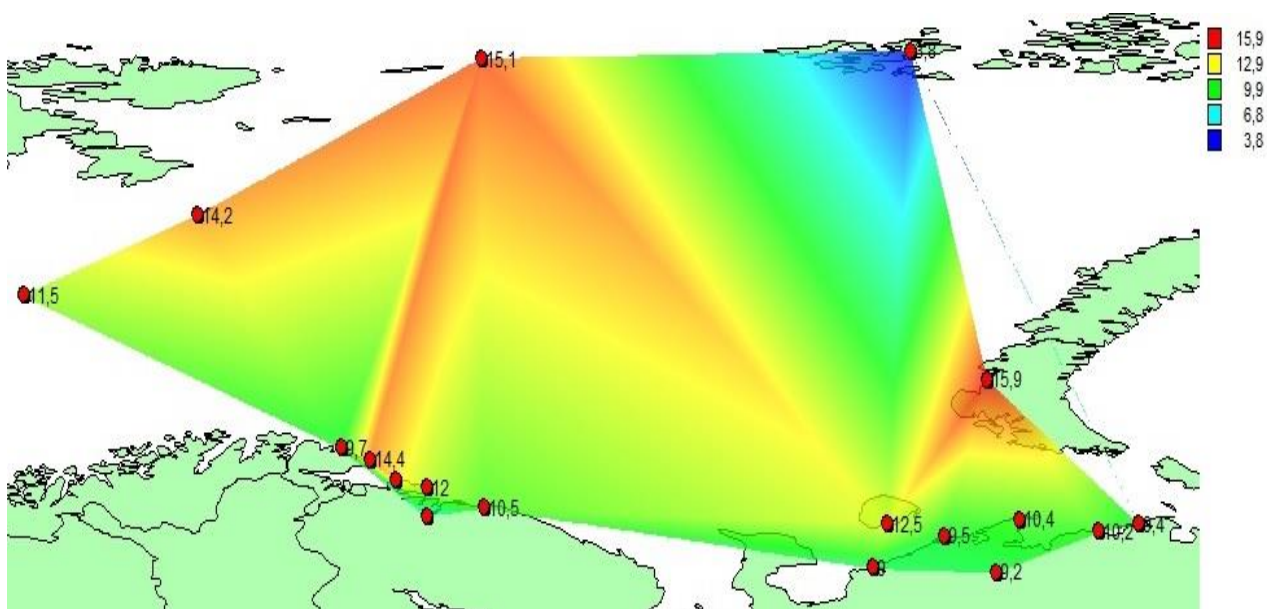


Рисунок 3.11 - Пространственное распределение показателей $\Delta_{st},\%$ нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г

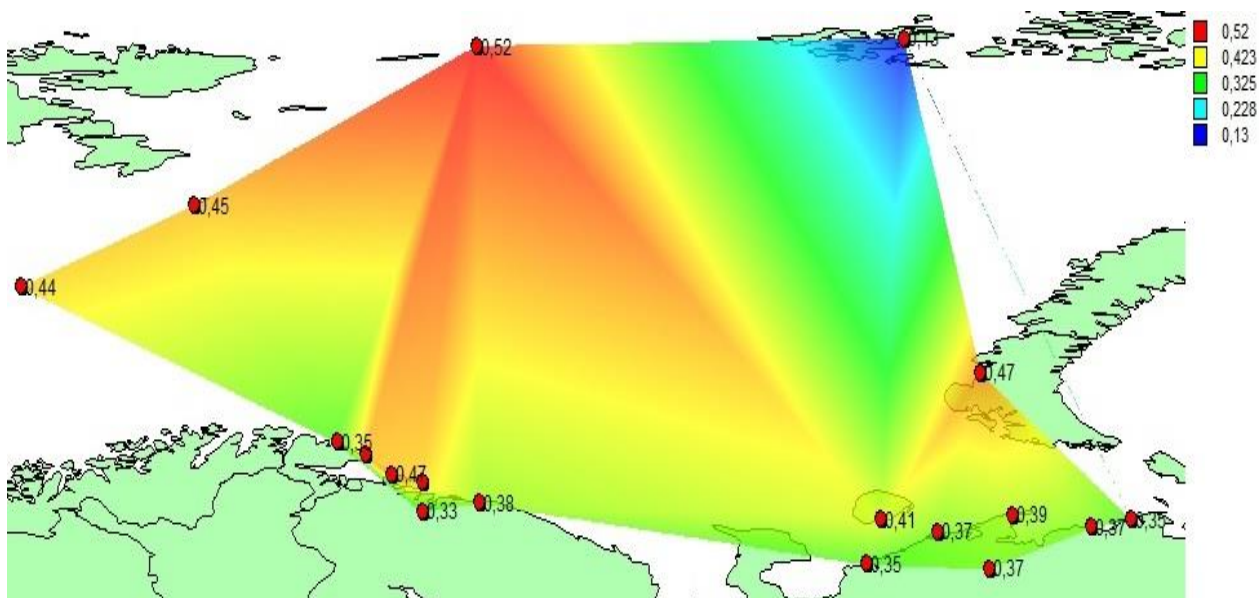


Рисунок 3.12 - Пространственное распределение показателей R_{tr} нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г

Анализируя таблицу 3.6 можно сказать, что за период с 1960 по 2022 год на всех станциях отслеживалось потепление в среднем на $2,3^{\circ}\text{C}$

3.2 Характеристики стационарной и нестационарной моделей для многолетних температур в октябре

Были получены необходимые характеристики стационарной и нестационарной моделей для многолетних температур в переходный месяц (октябрь) на 18 метеостанциях акватории Баренцева моря.

Нестационарная модель считается эффективной, если $\Delta_{тр}$ или $\Delta_{ст} \geq 10\%$, а $R_{тр}$ при сравнении с табличным значением.

В таблице 3.4 и на рисунке 3.15-3.17 представлены результаты оценки эффективности нестационарных моделей многолетних рядов температур октября. Жирным шрифтом выделены случаи нестационарных моделей при $\Delta > 10\%$, а так же статистически значимые коэффициенты корреляции R со временем.

Таблица 3.4

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур октября

Код	$\Delta_{тр},\%$	$\Delta_{ст},\%$	$F_{тр}$	$F_{ст}$	$T_{ст}$	$T_{нач}$	$T_{к}$	n	R
1011	4,5	8,4	1,10	1,19	2000	1911	2022	112	0,30
1028	3,2	7,3	1,07	1,16	1998	1946	2022	77	0,25
1062	1,9	4,5	1,04	1,10	1956	1945	2022	77	-0,20
1092	2,1	4,5	1,04	1,10	1962	1951	2022	71	-0,21
1098	0,0	2,1	1,00	1,04	1848	1829	2022	184	0,00
20046	0,7	3,6	1,02	1,08	2001	1957	2022	64	0,12
20744	0,6	2,4	1,01	1,05	1965	1922	2022	97	-0,11
22003	5,1	8,0	1,11	1,18	1999	1940	2022	83	0,31
22012	2,4	5,4	1,05	1,12	1999	1959	2022	64	0,22
22028	5,5	6,2	1,12	1,14	1999	1893	2022	130	0,33
22113	2,1	6,0	1,04	1,13	2006	1918	2022	103	0,20
22193	9,2	12,3	1,21	1,30	1999	1959	2022	64	0,42
22292	1,6	4,6	1,03	1,10	1934	1923	2022	99	-0,18
23103	11,8	11,7	1,28	1,28	1999	1959	2022	64	0,47
23104	9,0	11,4	1,21	1,27	1999	1959	2022	64	0,41
23112	10,4	11,0	1,24	1,26	1999	1959	2022	64	0,44
23114	10,2	10,9	1,24	1,26	1994	1959	2022	64	0,44
23205	0,0	0,9	1,00	1,02	1937	1926	2022	94	0,03

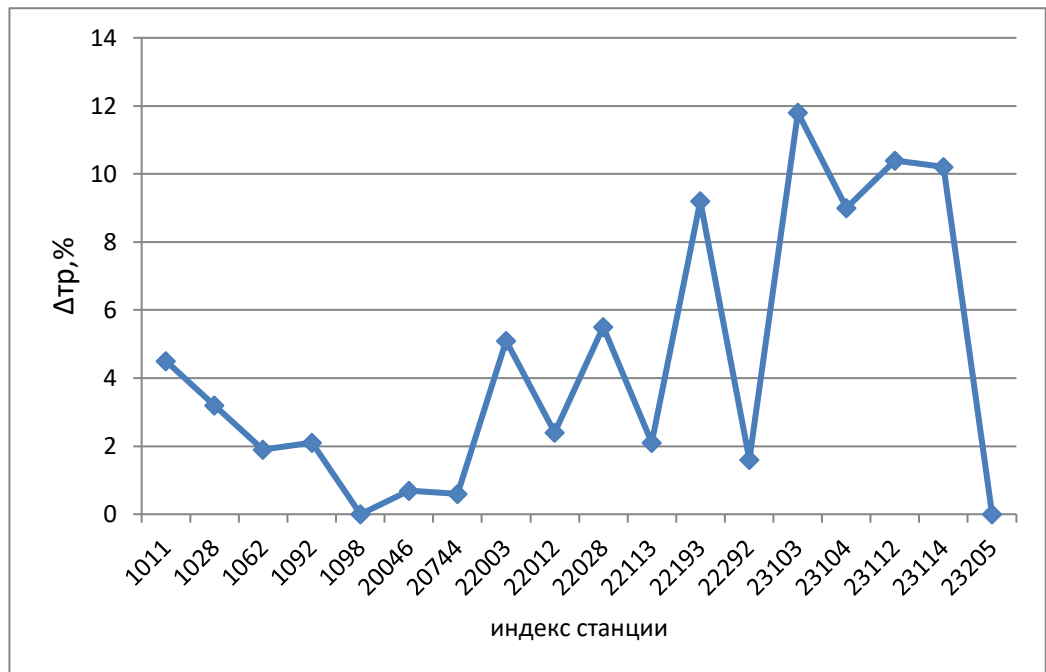


Рисунок 3.15 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений ($\Delta_{тр}, \%$)

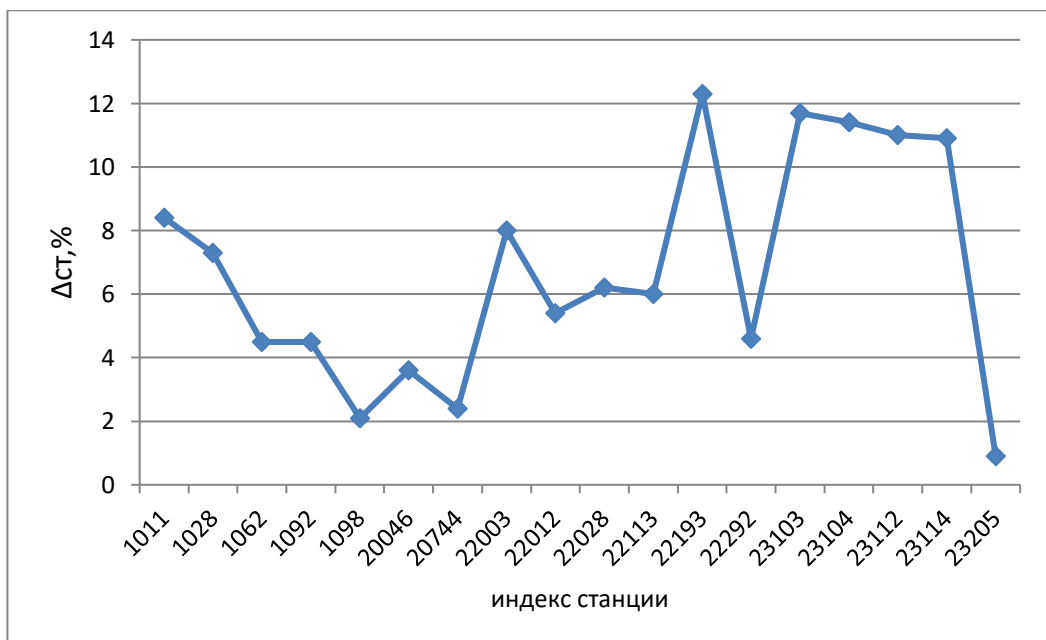


Рисунок 3.16 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений ($\Delta_{ст}, \%$)

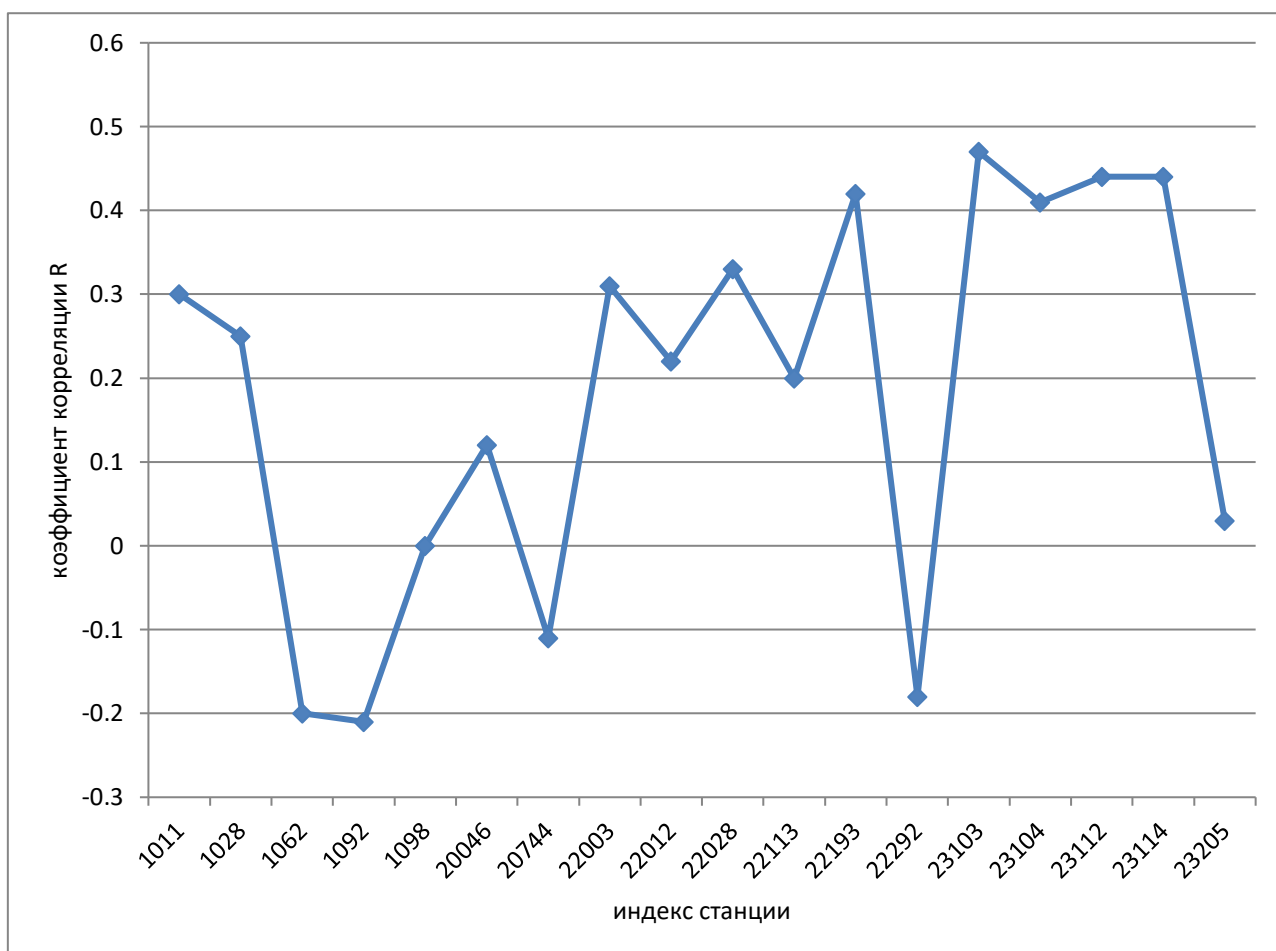


Рисунок 3.17 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений (R)

Как следует из результатов таблицы 3.4 и графика 3.15-3.17, из 18 рядов модель линейного тренда эффективна в трех случаях, на станциях Ходовариха, Варандей, Мыс Шведский. Ступенчатая модель в 13 случаях неэффективна, а коэффициенты корреляции уравнения тренда со временем статистически значимы для восьми рядов.

В табл.3.5 представлены результаты оценки эффективности нестационарных моделей многолетних рядов температур октября с началом рядов в 1960 г.

Таблица 3.5

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температур октября при общем начале рядов наблюдений 1960г

Код	$\Delta_{тр},\%$	$\Delta_{ст},\%$	F _{тр}	F _{ст}	T _{ст}	T _{нач}	T _к	n	R
1011	10,8	13,2	1,26	1,33	2000	1960	2022	63	0,45
1028	8,4	10,0	1,19	1,23	1998	1960	2022	63	0,40
1062	10,5	13,0	1,25	1,32	1996	1960	2022	63	0,45
1092	6,7	10,9	1,15	1,26	1999	1960	2022	63	0,36
1098	2,2	4,0	1,04	1,08	2011	1960	2022	62	0,21
20046	0,7	3,6	1,01	1,08	2001	1960	2022	61	0,12
20744	11,5	13,4	1,28	1,33	2000	1960	2022	63	0,47
22003	7,5	9,5	1,17	1,22	1999	1960	2022	63	0,38
22012	2,2	5,2	1,05	1,11	1999	1960	2022	63	0,21
22028	5,4	7,4	1,12	1,17	1999	1960	2022	63	0,33
22113	2,6	5,3	1,05	1,12	2006	1960	2022	61	0,23
22193	8,5	11,9	1,20	1,29	1999	1960	2022	63	0,40
22292	7,7	10,5	1,17	1,25	1999	1960	2022	63	0,39
23103	10,9	11,3	1,26	1,27	1999	1960	2022	63	0,45
23104	7,7	11,0	1,17	1,26	1999	1960	2022	63	0,39
23112	9,4	10,6	1,22	1,25	1999	1960	2022	63	0,42
23114	9,4	10,5	1,22	1,25	1994	1960	2022	63	0,42
23205	1,0	1,7	1,02	1,03	1990	1960	2022	61	0,14

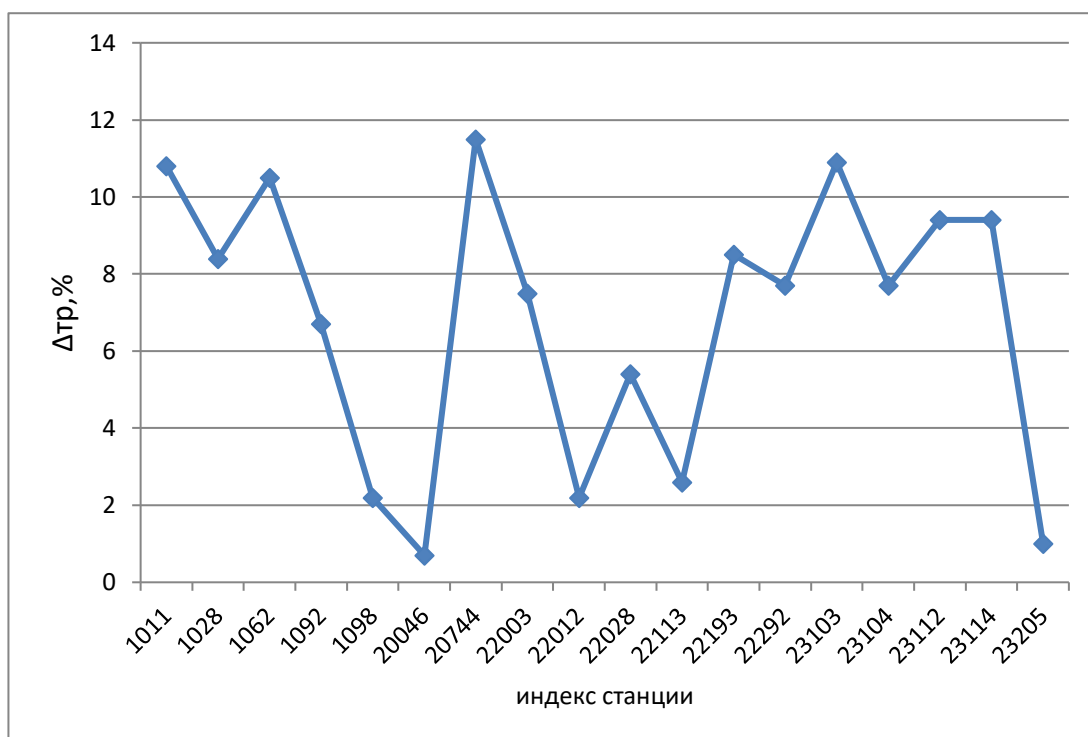


Рисунок 3.18 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г ($\Delta_{тр}, \%$)

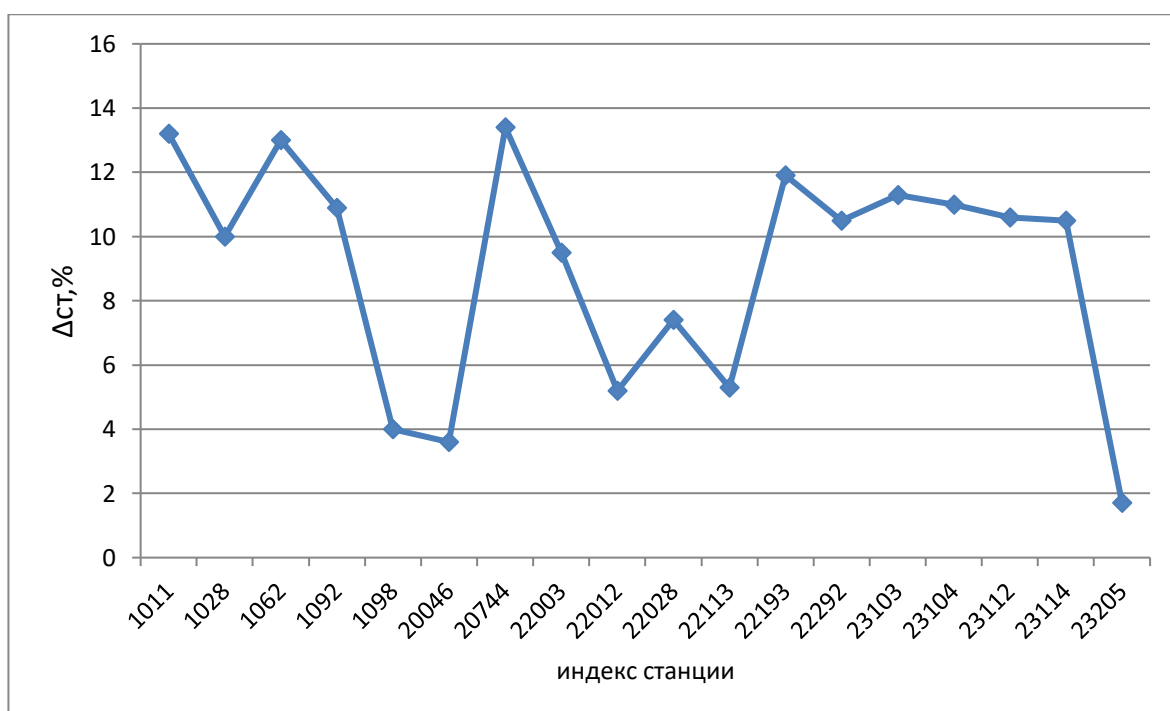


Рисунок 3.19 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г ($\Delta_{ст}, \%$)

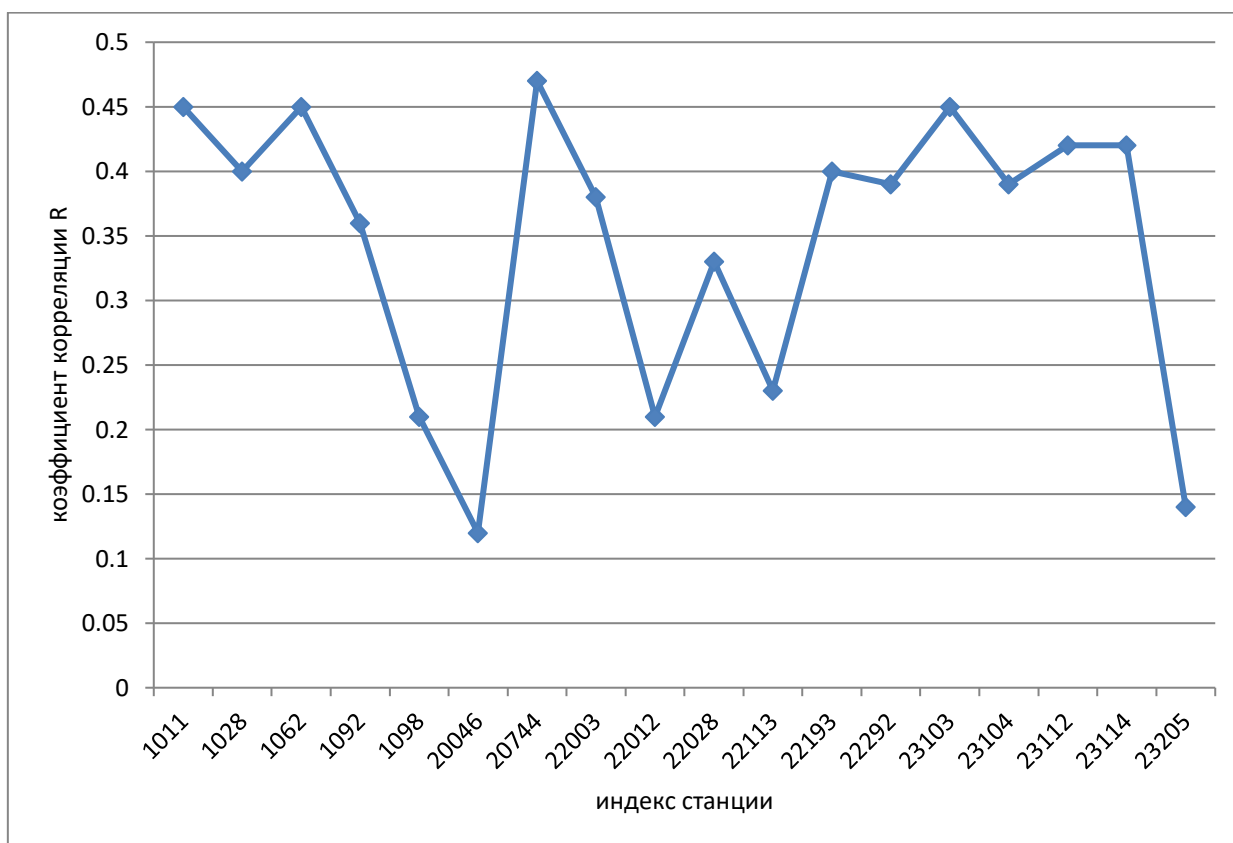


Рисунок 3.20 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г (R)

После получения результатов расчёта $\Delta_{тр}$ и $\Delta_{ст}$ (табл.3.5 и рис.3.18-3.20), видно, что в октябре при $\Delta > 10\%$ являются пятнадцать рядов наблюдений по температуре за месяц, четыре ряда по модели тренда и 11 рядов по ступенчатой модели. Статистически значимыми коэффициентами корреляции, при значении $R > 0,26$, являются 13 рядов.

Далее ряд 1960-2022 был разделен на две части 1960-1990 гг. и 1991-2022гг., найдены средние значения обеих частей и d средних в градусах, определено среднеквадратическое отклонение (табл. 3.6).

Таблица 3.6

Оценка изменения температуры на территории за период с 1960г

Код	Название	ср.1	ср.2	d ср. °	СКО	Отношение
1011	Kvitoya	-5,6	-3,8	1,9	2,9	0,6
1028	Bjornoa	-0,5	0,7	1,3	2	0,6
1062	Норен	-3,4	-1,4	2	2,9	0,7
1092	Makkaur Fyr	2,2	3,3	1,1	1,6	0,7
1098	Vardo	2,3	3,4	1,1	1,6	0,7
20046	Остров Хейса	-11,8	-7,7	4,1	4,1	1
20744	Малые Кармакулы	-3,1	-0,1	3	2,7	1,1
22003	Вайда-Губа	2,2	3,2	1	1,6	0,6
22012	Цып-Наволоок	2	2,6	0,6	1,8	0,3
22028	Териберка	1,5	2,5	1,1	1,9	0,6
22113	Мурманск город	0,8	1,8	1	2,1	0,5
22193	Бугрино	-0,7	0,9	1,7	2,4	0,7
22292	Инди́га	-0,2	1,3	1,6	2,4	0,6
23103	Ходовариха	-1,4	0,4	1,8	2,4	0,7
23104	Сенгейский Шар	-1	0,7	1,6	2,5	0,6
23112	Варандей	-2,7	-0,7	2	2,8	0,7
23114	Мыс Шведский	-1	0	1	2,7	0,4
23205	Нарьян-Мар	-2,2	-0,4	1,8	2,9	0,6

Для оценки выявленной нестационарности были построены пространственные интерполяционные модели отклонений от стационарной модели для всей продолжительности наблюдений (рисунок 3.21-3.23) и для последней части ряда с 1960 г. (рис.3.24-3.26).

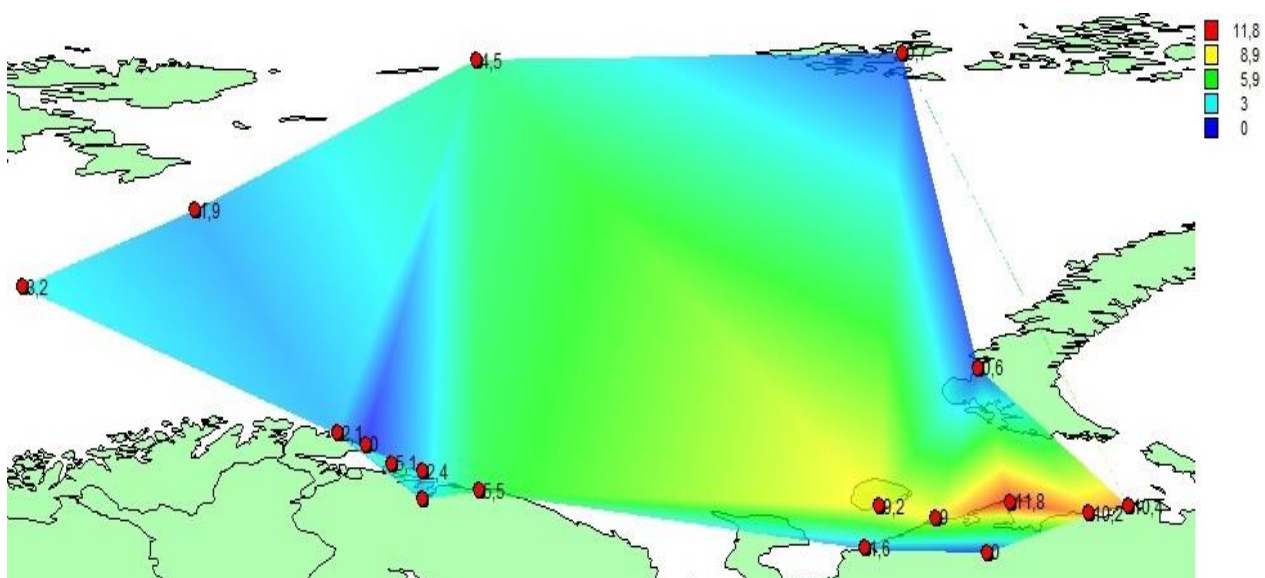


Рисунок 3.21 - Пространственное распределение показателей $\Delta_{tr}, \%$ нестационарных моделей за весь период наблюдений

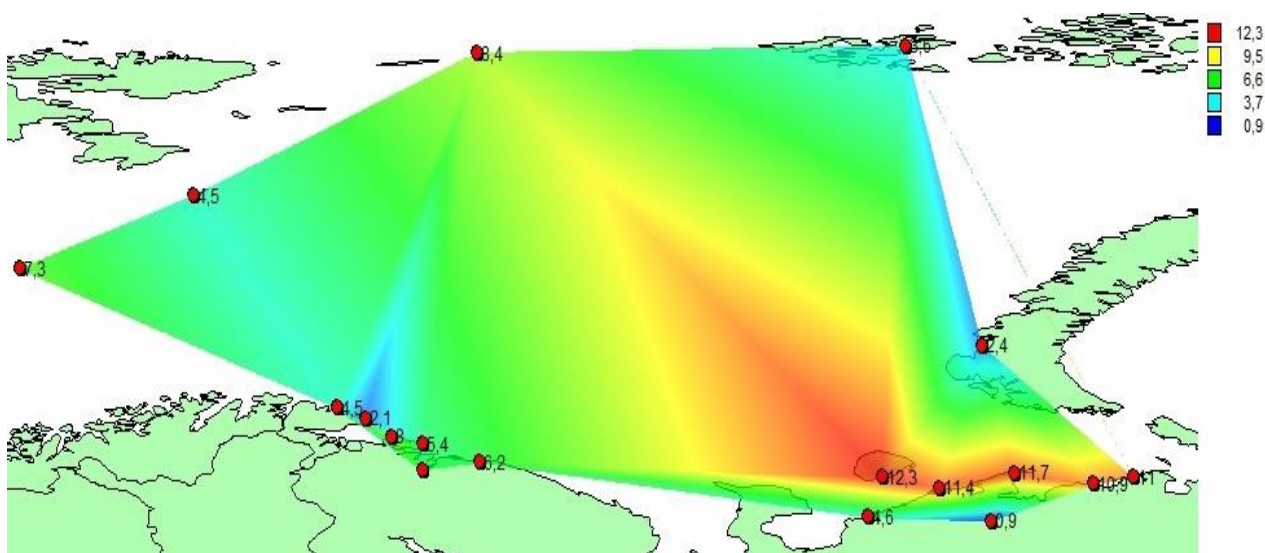


Рисунок 3.22 - Пространственное распределение показателей $\Delta_{ст}, \%$ нестационарных моделей за весь период наблюдений

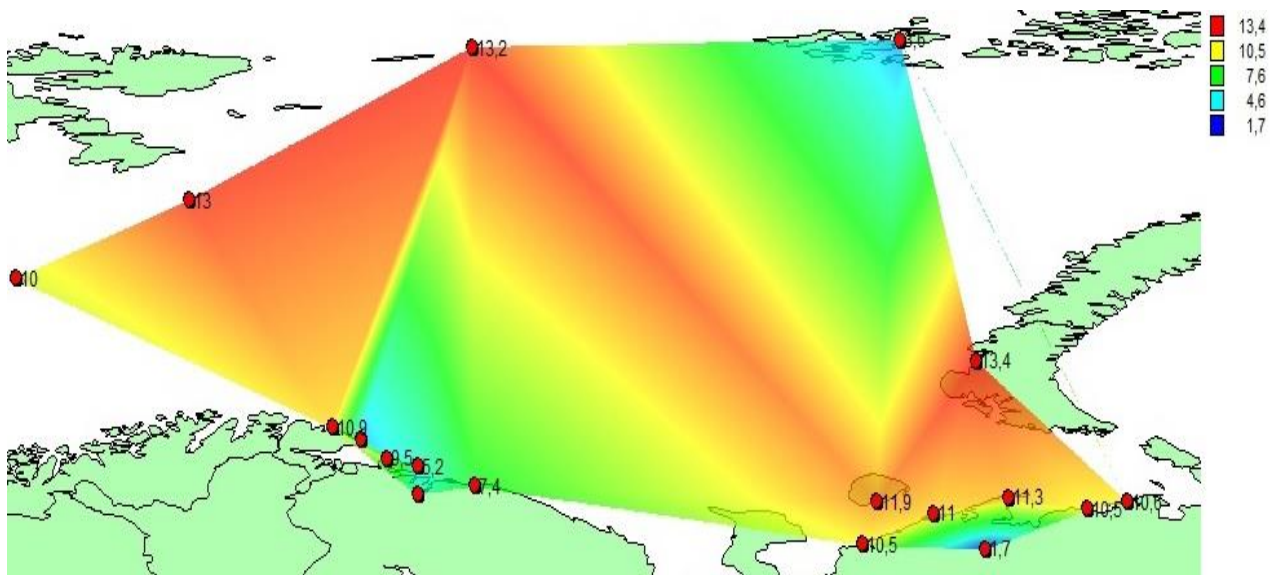


Рисунок 3.25 - Пространственное распределение показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г ($\Delta_{ст}, \%$)

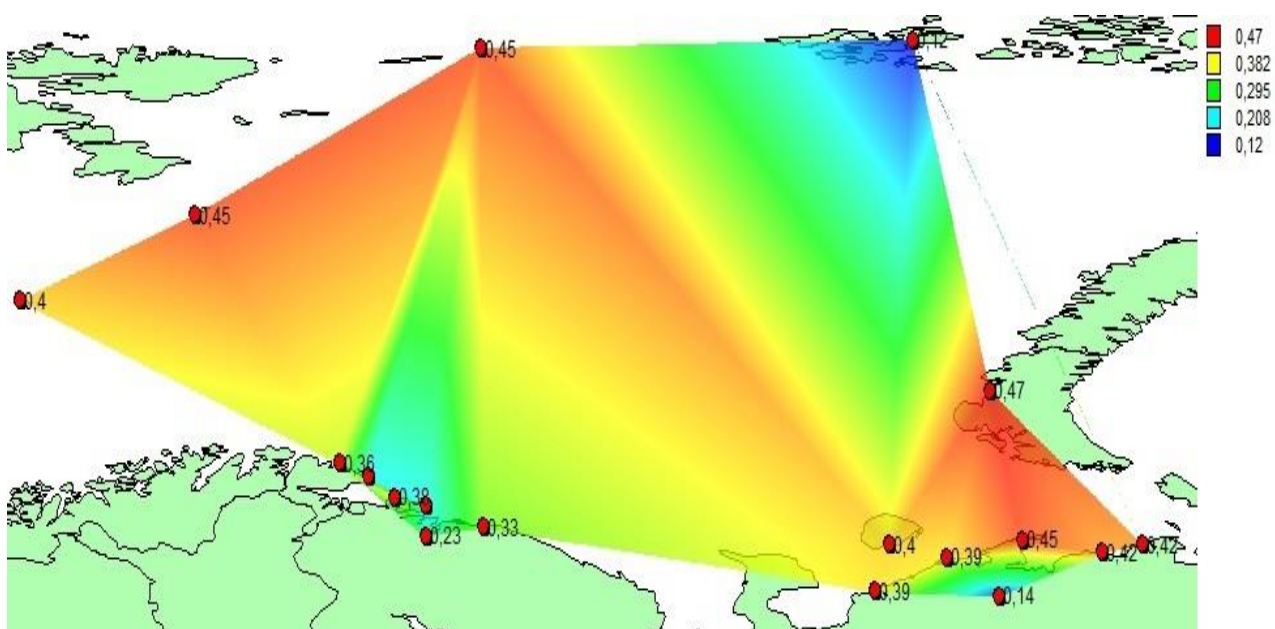


Рисунок 3.26 - Пространственное распределение показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г ($R_{тр}$)

Проанализировав таблицу 3.6 , а так же ее интерполяционные данные на рисунке 3.27-3.28 можно заметить потепление на всех рассматриваемых метеостанциях в среднем на 1,65°C.

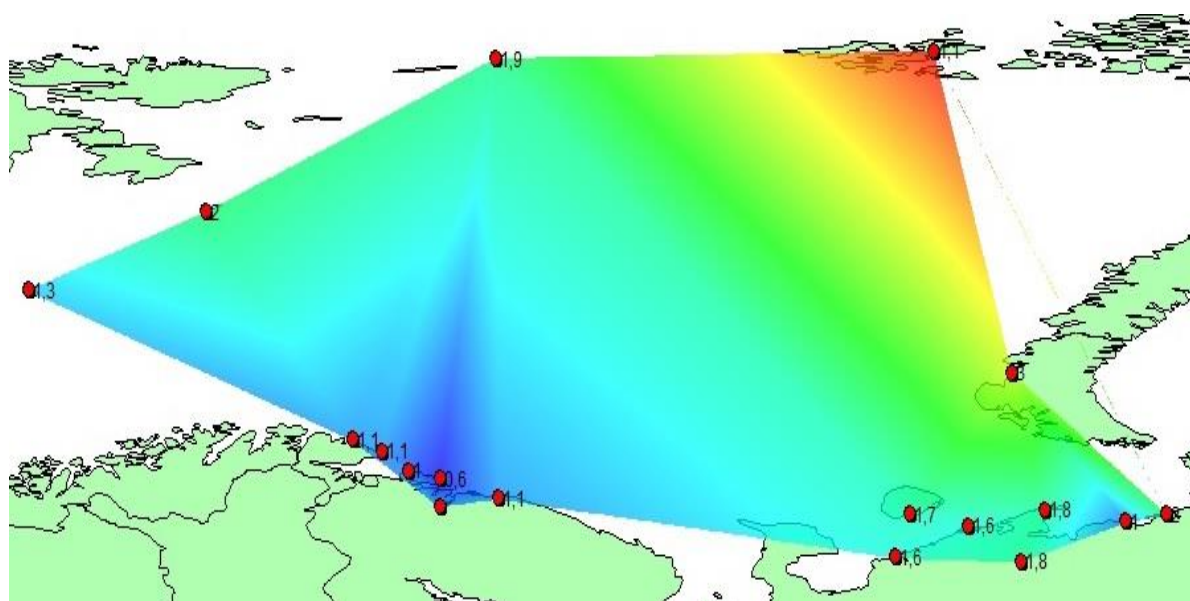


Рисунок 3.27 - Интерполяция Δt_{cp} .

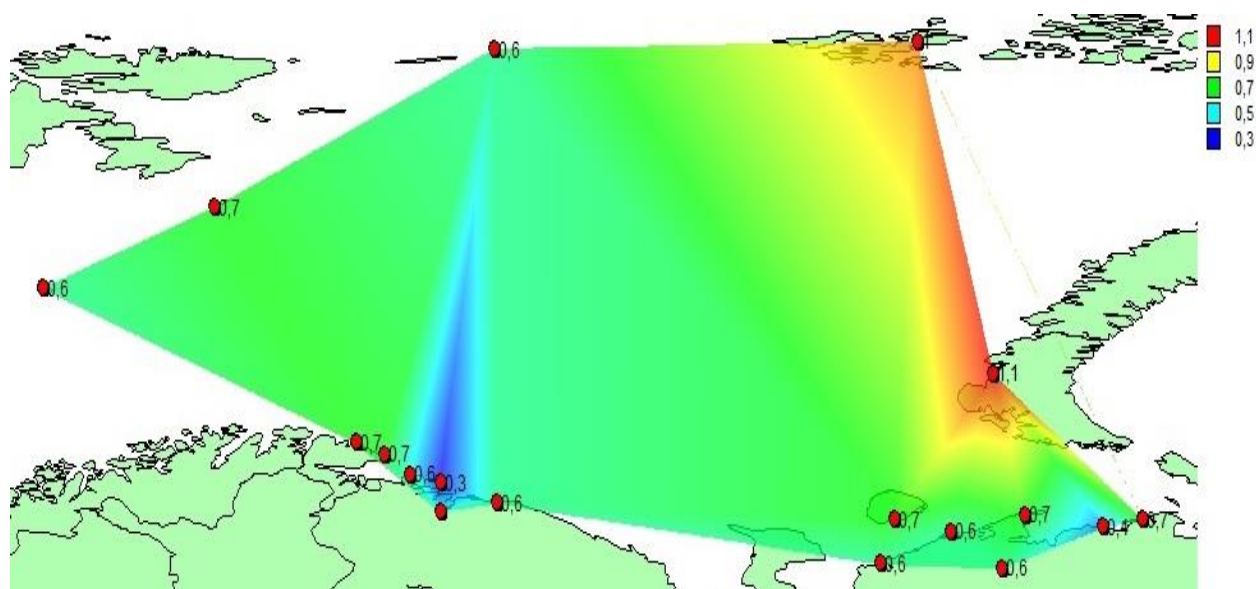


Рисунок 3.28 - Интерполяция отношение в долях естественной изменчивости

3.3 Характеристики стационарной и нестационарной моделей для многолетних среднегодовых температур

Были получены необходимые характеристики стационарной и нестационарной моделей для многолетних годовых температур на 18 метеостанциях акватории Баренцева моря.

В таблице 3.7 и на рисунке 3.29-3.31 представлены результаты оценки эффективности нестационарных моделей многолетних рядов температур октября. Жирным шрифтом выделены случаи нестационарных моделей при $\Delta > 10\%$, а так же статистически значимые коэффициенты корреляции R со временем.

Таблица 3.7

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов среднегодовых температур

Код	$\Delta_{тр},\%$	$\Delta_{ст},\%$	$F_{тр}$	$F_{ст}$	$T_{ст}$	$T_{нач}$	$T_{к}$	n	R
1011	1,2	4,4	1,02	1,10	1922	1911	2022	111	-0,16
1028	13,4	19,4	1,33	1,54	1999	1946	2022	77	0,50
1062	1,9	4,5	1,04	1,10	1956	1945	2022	77	-0,19
1092	9,4	13,9	1,22	1,35	1999	1951	2022	72	0,42
1098	16,4	16,6	1,43	1,44	2000	1829	2022	186	0,55
20046	0,9	3,9	1,02	1,08	2002	1957	2022	64	0,13
20744	2,7	12,7	1,06	1,31	2007	1922	2022	100	0,23
22003	13,7	17,5	1,34	1,47	1989	1940	2022	83	0,50
22012	2,5	4,4	1,05	1,09	1970	1959	2022	63	-0,22
22028	1,2	4,8	1,02	1,10	1904	1893	2022	129	-0,15
22113	1,5	4,7	1,03	1,10	1929	1918	2022	104	-0,17
22193	2,5	4,4	1,05	1,09	1970	1959	2022	63	-0,22
22292	1,6	4,6	1,03	1,10	1934	1923	2022	99	-0,18
23103	2,5	4,4	1,05	1,09	1970	1959	2022	63	-0,22
23104	2,5	4,4	1,05	1,09	1970	1959	2022	63	-0,22
23112	2,5	4,4	1,05	1,09	1970	1959	2022	63	-0,22
23114	12,7	15,0	1,31	1,38	2003	1959	2022	64	0,49
23205	1,6	4,6	1,03	1,10	1937	1926	2022	96	-0,18

Как следует из результатов таблицы 3.7 и графика 3.29-3.21, из 18 рядов коэффициенты корреляции уравнения тренда со временем статистически значимы для пяти рядов, модель Δtr эффективна для четырех рядов, а Δst для шести.

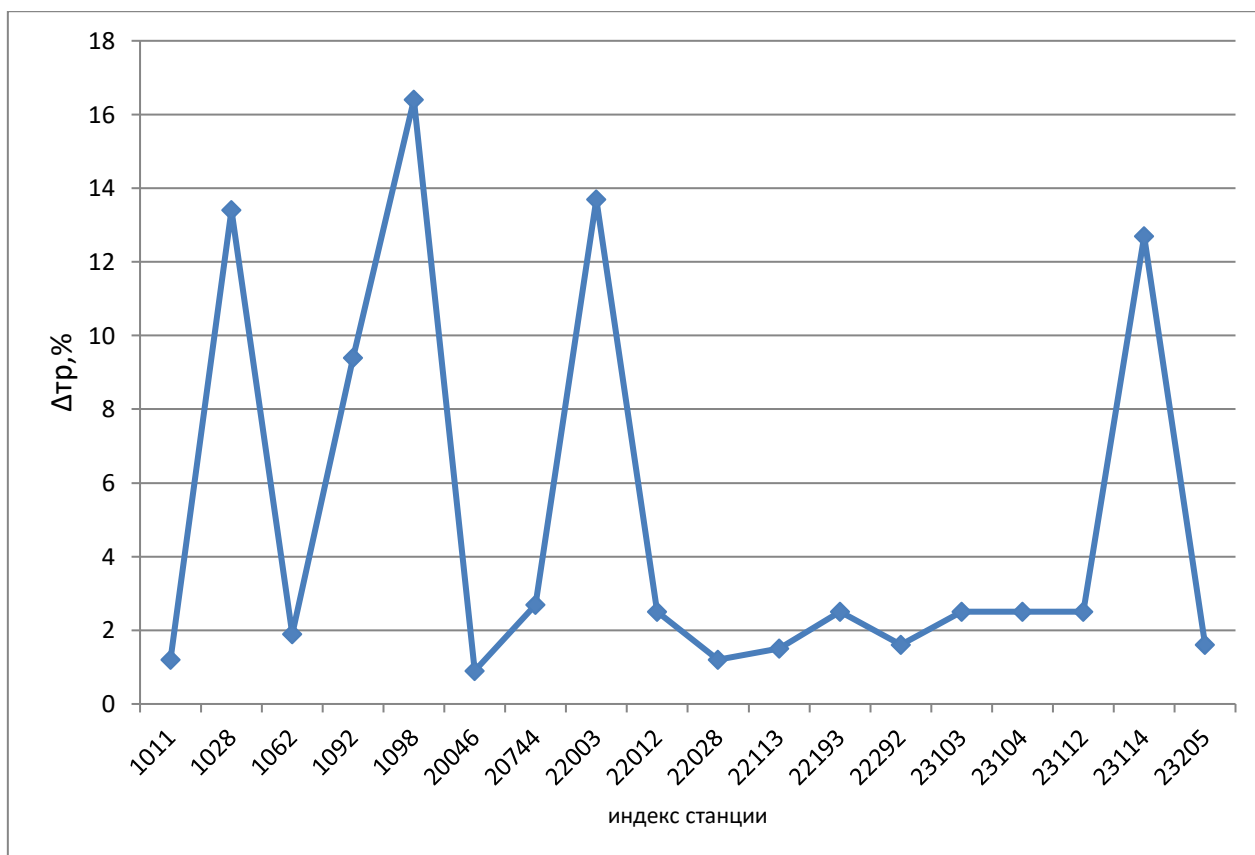


Рисунок 3.29 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений ($\Delta tr, \%$)

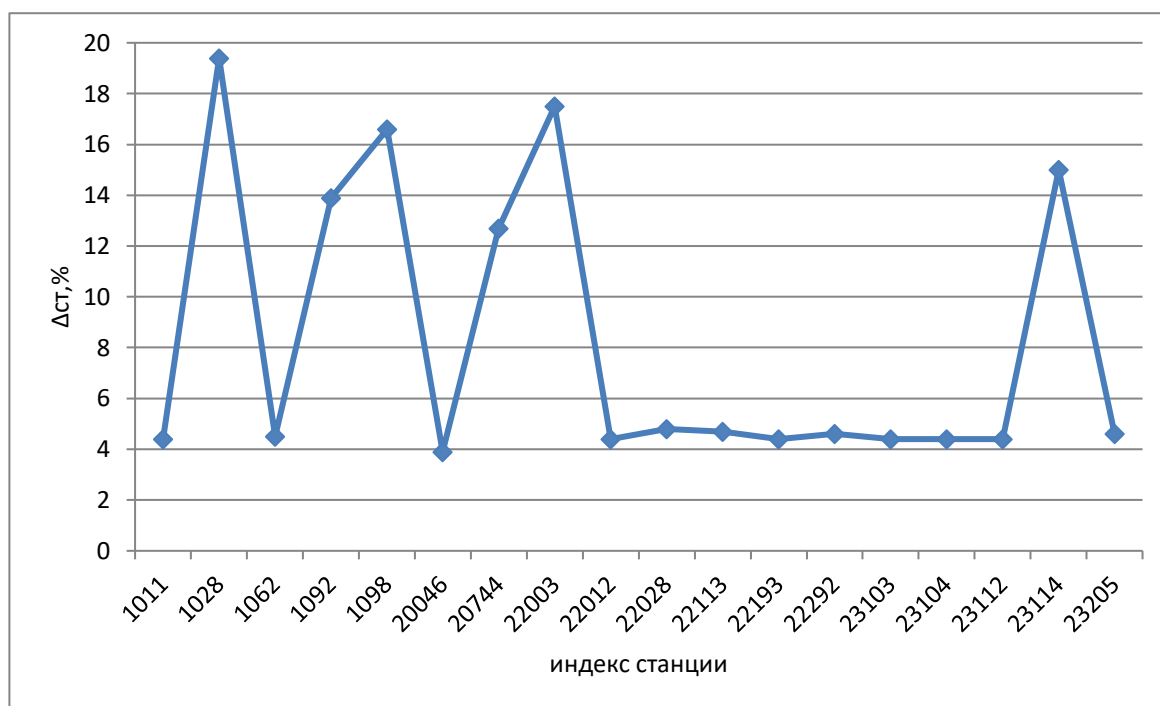


Рисунок 3.30 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений ($\Delta_{ст}, \%$)

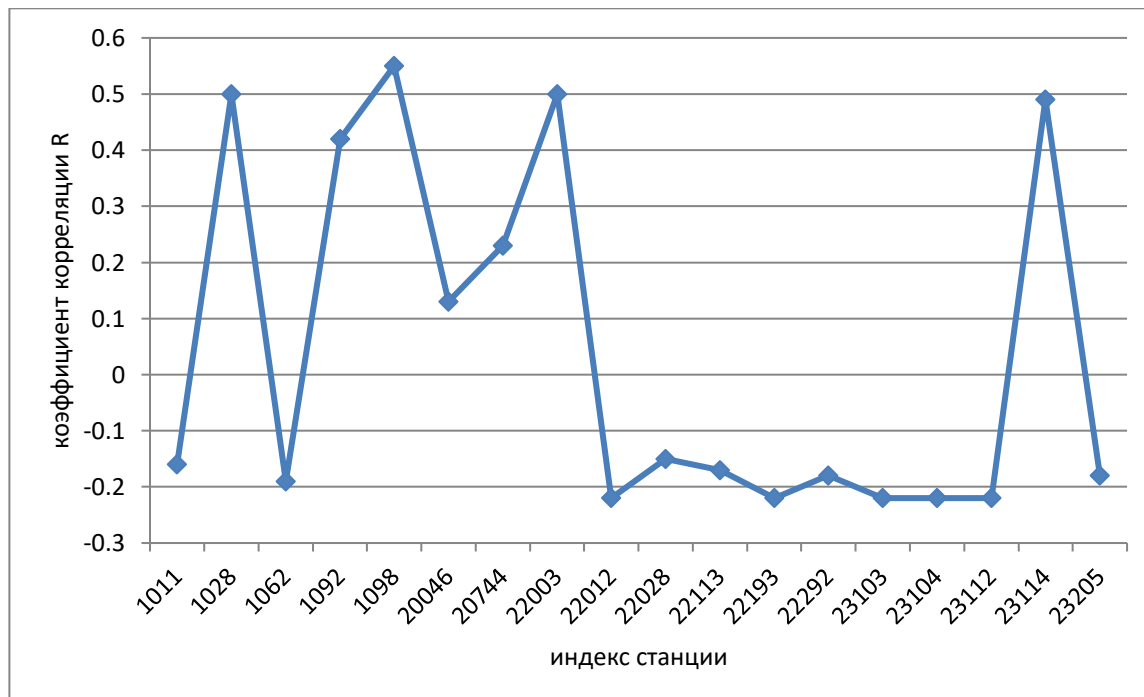


Рисунок 3.31 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений (R)

В табл.3.8 представлены результаты оценки эффективности нестационарных моделей многолетних рядов среднегодовых температур с началом рядов в 1960 г.

Таблица 3.8

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов среднегодовых температур при общем начале рядов наблюдений 1960г

Код	$\Delta_{тр},\%$	$\Delta_{ст},\%$	F _{тр}	F _{ст}	T _{ст}	T _{нач}	T _к	n	R
1011	34,7	33,2	2,35	2,24	1999	1960	2022	63	0,76
1028	26,8	24,1	1,87	1,74	1999	1960	2022	63	0,68
1062	32,0	33,1	2,16	2,23	1999	1960	2022	63	0,73
1092	11,9	14,8	1,29	1,38	1999	1960	2022	63	0,47
1098	21,8	26,3	1,63	1,84	2000	1960	2022	63	0,62
20046	0,8	3,8	1,02	1,08	2002	1960	2022	61	0,13
20744	22,7	22,6	1,67	1,67	2005	1960	2022	63	0,63
22003	18,1	19,0	1,49	1,52	1989	1960	2022	63	0,57
22012	14,4	20,6	1,36	1,59	2000	1961	2022	62	0,52
22028	15,4	17,5	1,40	1,47	2000	1960	2022	63	0,53
22113	11,0	11,9	1,26	1,29	2000	1960	2022	63	0,46
22193	12,7	16,7	1,31	1,44	2004	1961	2022	62	0,49
22292	11,2	15,2	1,27	1,39	2003	1960	2022	63	0,46
23103	18,1	16,7	1,49	1,44	2003	1961	2022	62	0,57
23104	12,4	13,0	1,30	1,32	1988	1961	2022	62	0,48
23112	17,4	18,0	1,46	1,49	2003	1961	2022	62	0,56
23114	16,7	16,9	1,44	1,45	2003	1960	2022	63	0,55
23205	8,1	13,1	1,19	1,32	2004	1960	2022	63	0,40

После получения результатов расчёта $\Delta_{тр}$ и $\Delta_{ст}$ (табл.3.8 и рис.3.32-3.34), видно, что в рядах среднегодовых температур при $\Delta > 10\%$ являются 33 ряда наблюдений по температуре за год, шестнадцать рядов по модели тренда и 17 рядов по ступенчатой модели. Статистически значимыми коэффициентами корреляции, при значении $R > 0,26$, являются все ряды кроме станции Остров Хейса (20046).

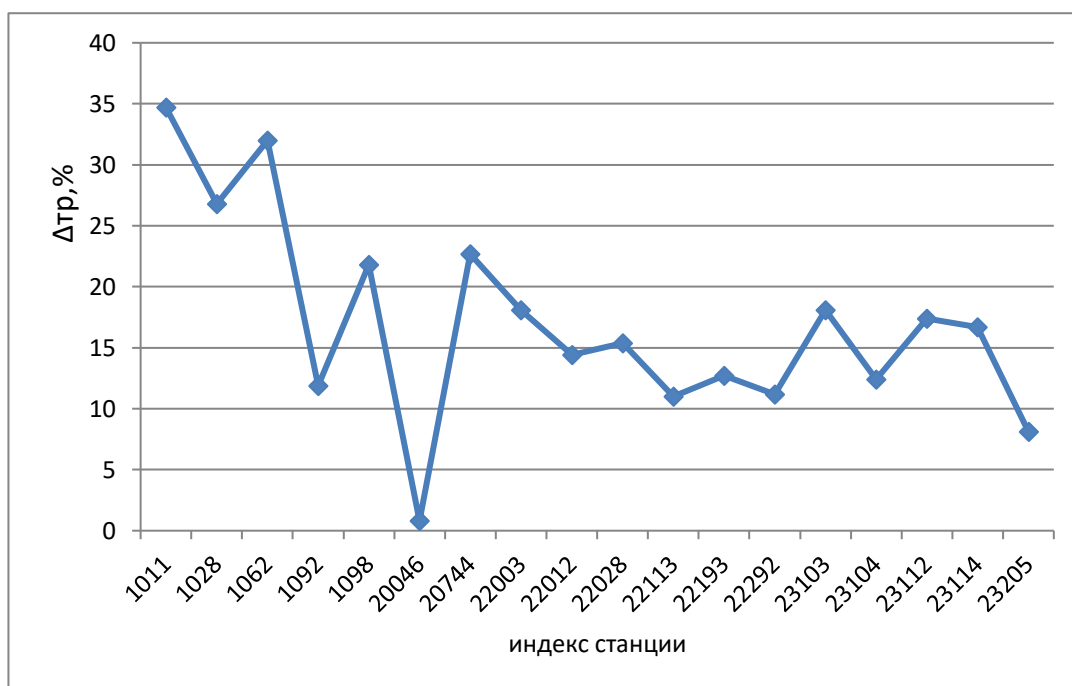


Рисунок 3.32 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г (Δтр,%)

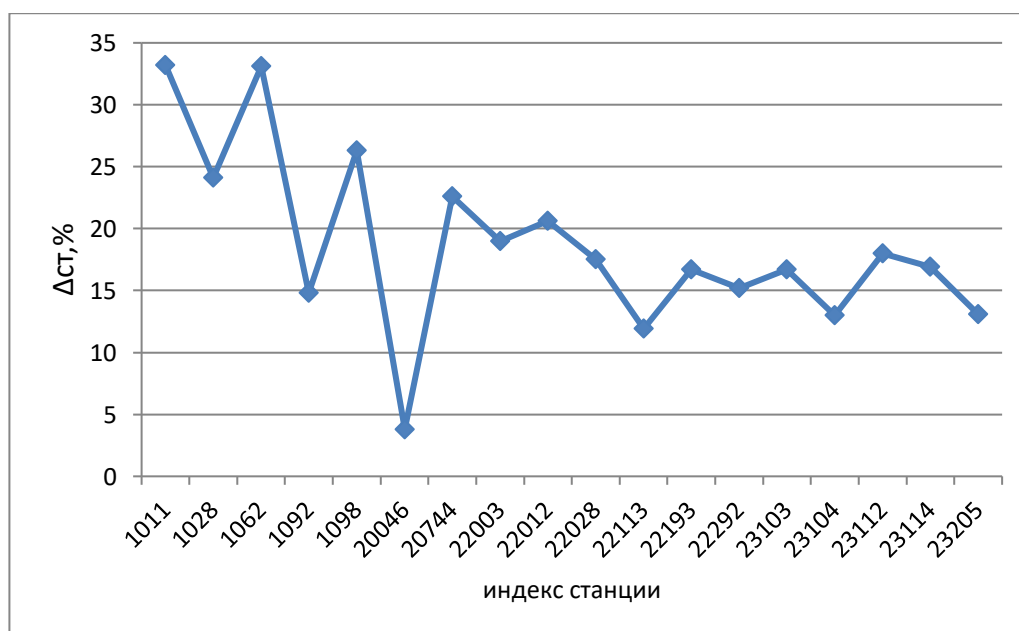


Рисунок 3.33 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г (Δст,%)

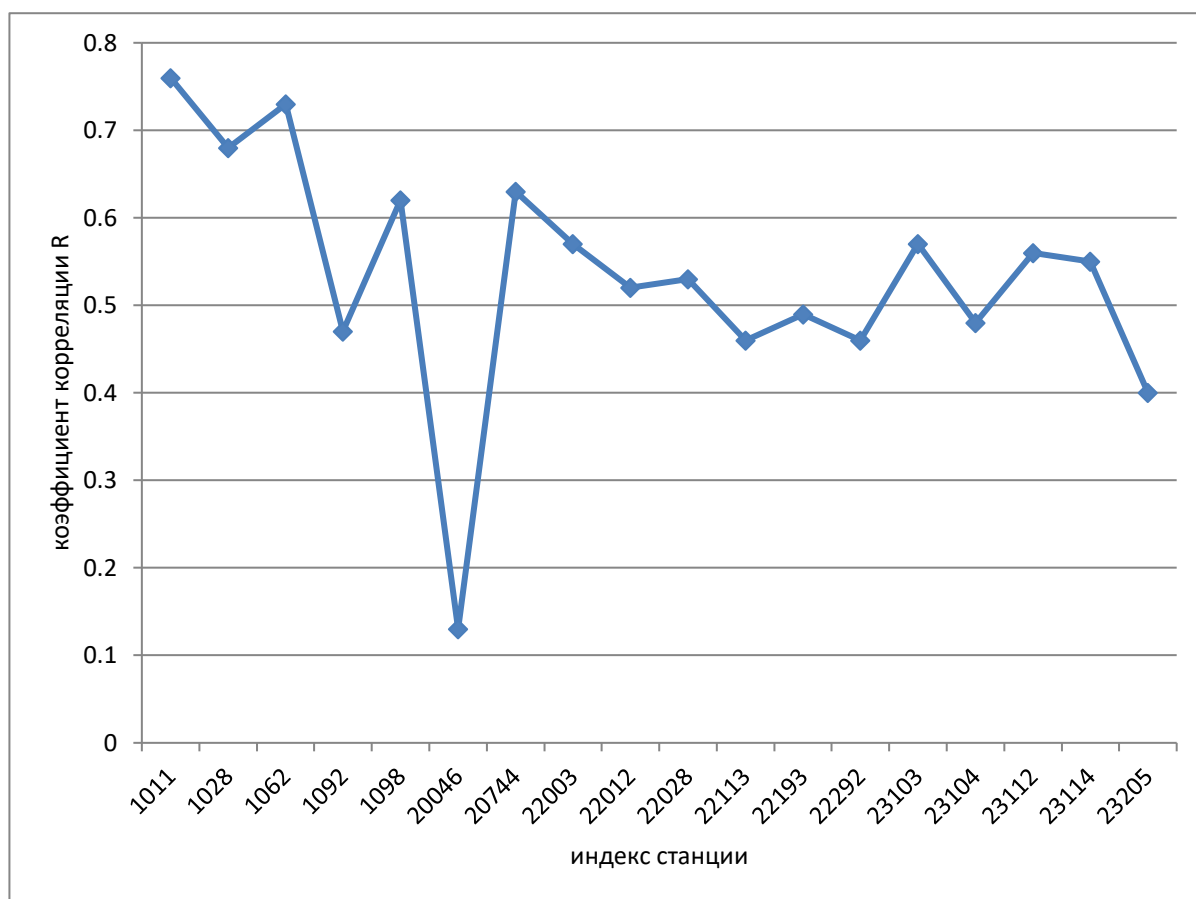


Рисунок 3.34 - Графики распределения показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г (R)

Для оценки выявленной нестационарности были построены пространственные интерполяционные модели отклонений от стационарной модели для всей продолжительности наблюдений (рисунок 3.35-3.37) и для последней части ряда с 1960 г. (рис.3.38-3.40).

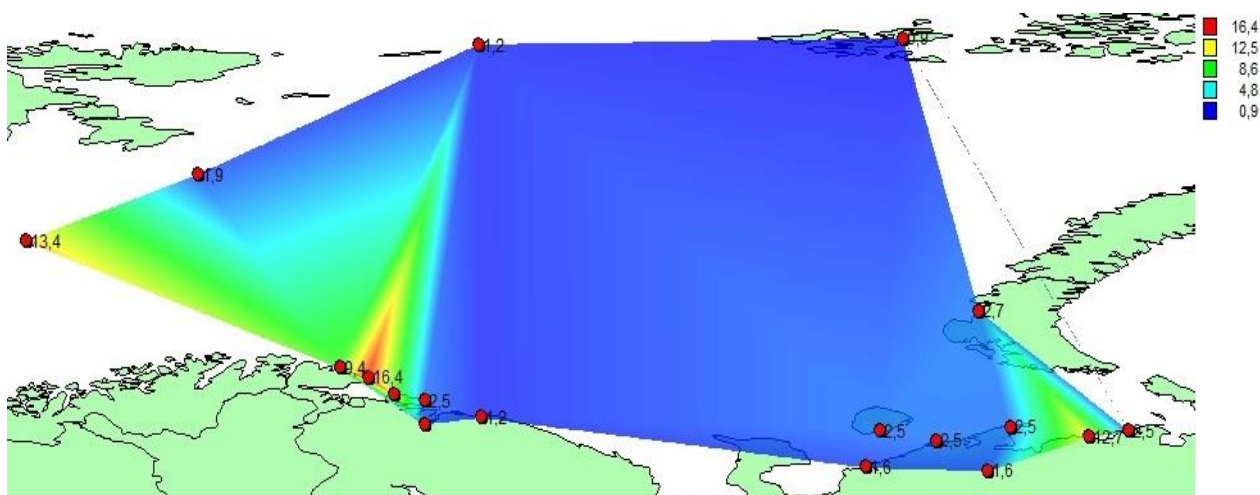


Рисунок 3.35 - Пространственное распределение показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений ($\Delta tr, \%$)

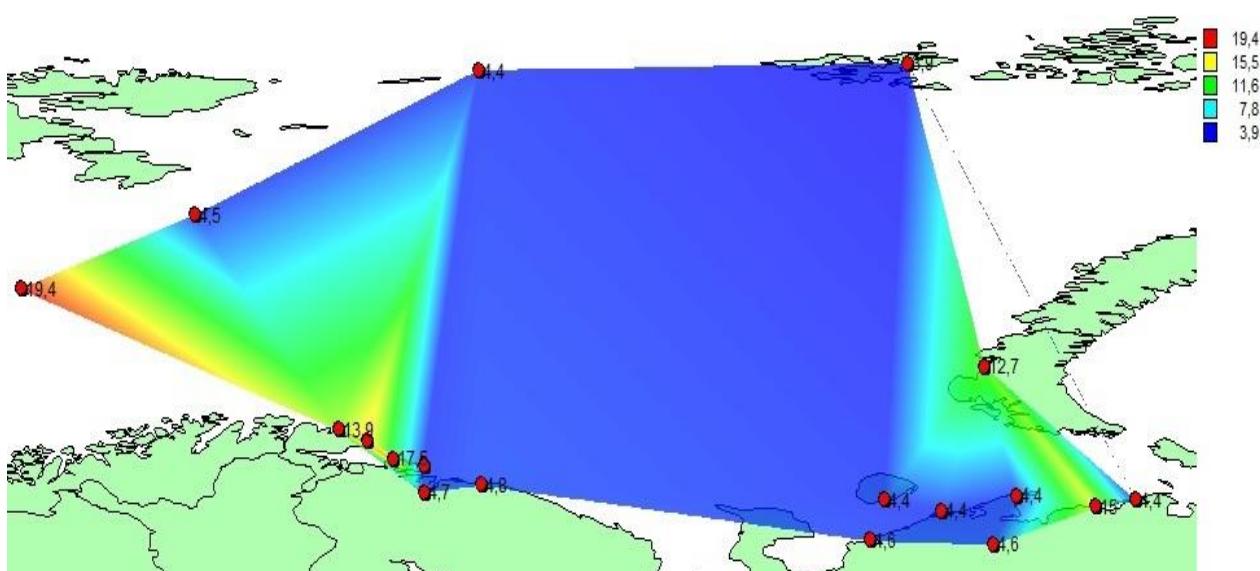


Рисунок 3.36 - Пространственное распределение показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений ($\Delta st, \%$)

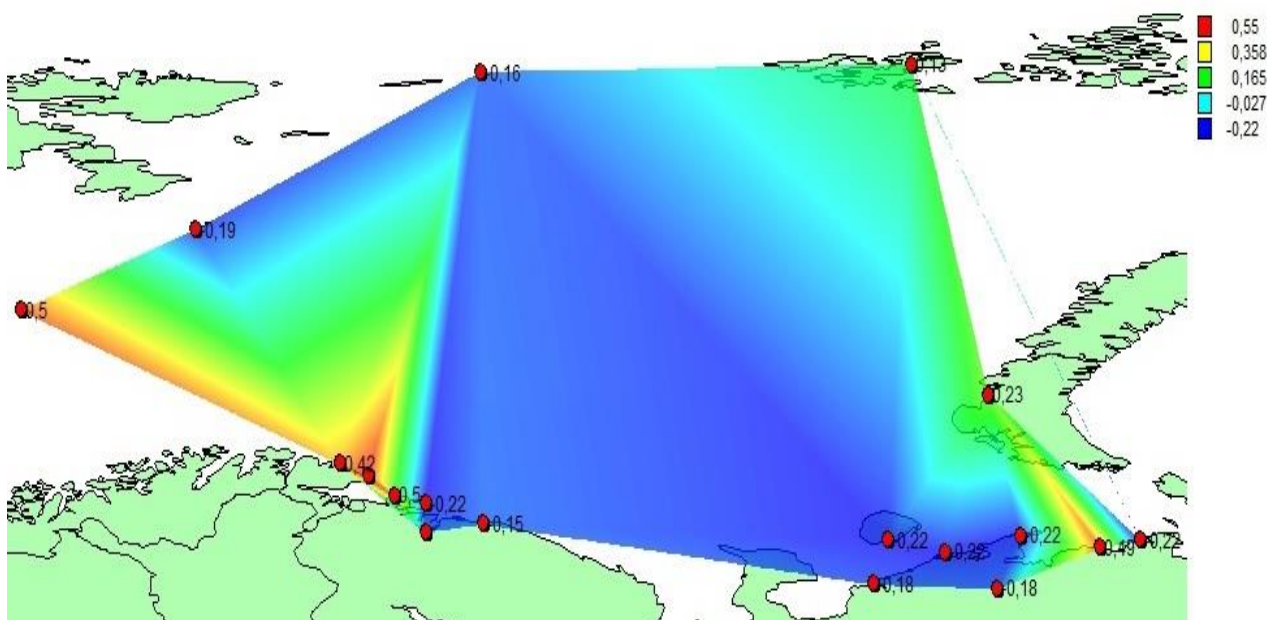


Рисунок 3.37 - Пространственное распределение показателей нестационарных моделей за весь период наблюдений (R)

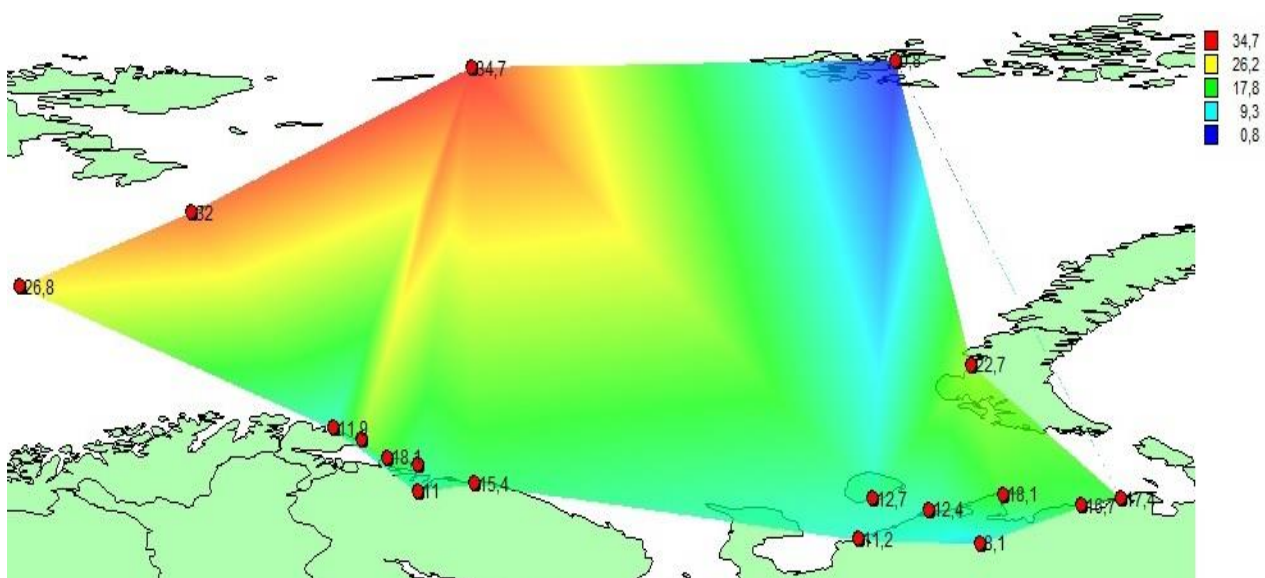


Рисунок 3.38- Пространственное распределение показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г ($\Delta tr, \%$)

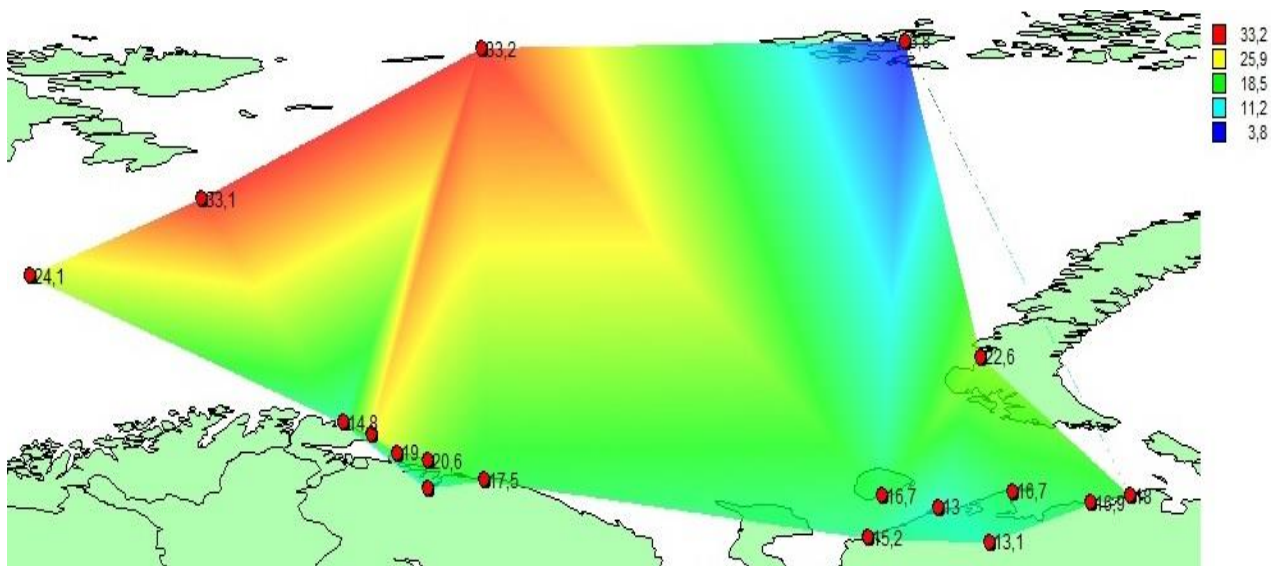


Рисунок 3.39 - Пространственное распределение показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г($\Delta_{st},\%$)

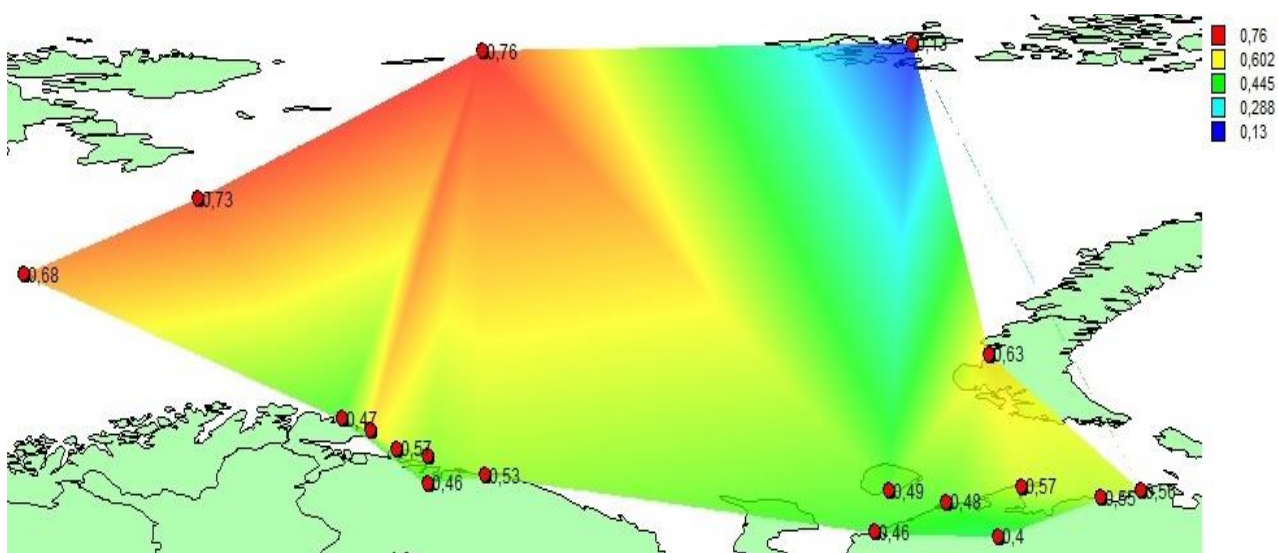


Рисунок 3.40 - Пространственное распределение показателей нестационарных моделей за период наблюдений с 1960 г(R_{tr})

Далее ряд 1960-2022 был разделен на две части 1960-1990 гг. и 1991-2022гг., найдены средние значения обеих частей и d средних в градусах, определено среднеквадратическое отклонение (табл. 3.9).

Таблица 3.9

Оценка изменения температуры на территории за период с 1960г

Код	Название	ср.1	ср.2	d ср. °	СКО	Отношение
1011	Kvitoya	-6,7	-3,8	2,9	2,1	1,3
1028	Bjornoya	-2,3	-0,4	1,9	1,6	1,2
1062	Hopen	-6,4	-3,5	2,8	2,3	1,3
1092	Makkaur Fyr	1,6	2,5	0,9	0,8	1,1
1092	Vardo	1,4	2,4	1,1	1	1,1
1098	Остров Хейса	-13,8	-10,6	3,2	2,4	1,3
20046	Малые Кармакулы	-5,5	-3,7	1,9	1,8	1,1
20744	Вайда-Губа	1,3	2,3	1	1	1
22003	Цып-Наволоок	0,7	1,6	1	1	0,9
22012	Териберка	0,5	1,5	1	1,1	0,9
22028	Мурманск город	0	1	1	1,2	0,8
22113	Бугрино	-3,3	-1,7	1,6	1,7	0,9
22193	Инди́га	-3	-1,6	1,3	1,6	0,8
22292	Ходовариха	-4,9	-3,2	1,7	1,7	1
23103	Сенгейский Шар	-3,8	-2,4	1,3	1,6	0,8
23112	Варандей	-5,9	-4	1,8	1,9	1
23112	Мыс Шведский	-5,2	-3,5	1,7	1,8	0,9
23205	Нарьян-Мар	-4,2	-2,5	1,7	2,2	0,8

Проанализировав таблицу 3.9 , а так же ее интерполяционные данные на рисунке 3.41-3.42 можно заметить потепление на всех рассматриваемых метеостанциях в среднем на 1,7°C.

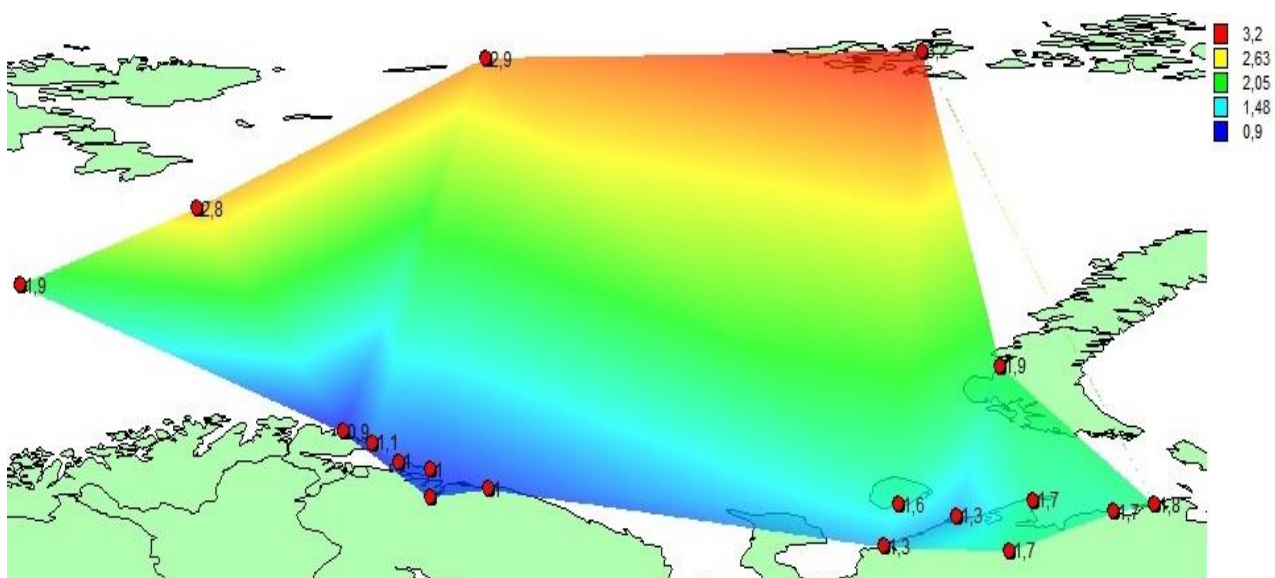


Рисунок 3.41 - Интерполяция dcp. °

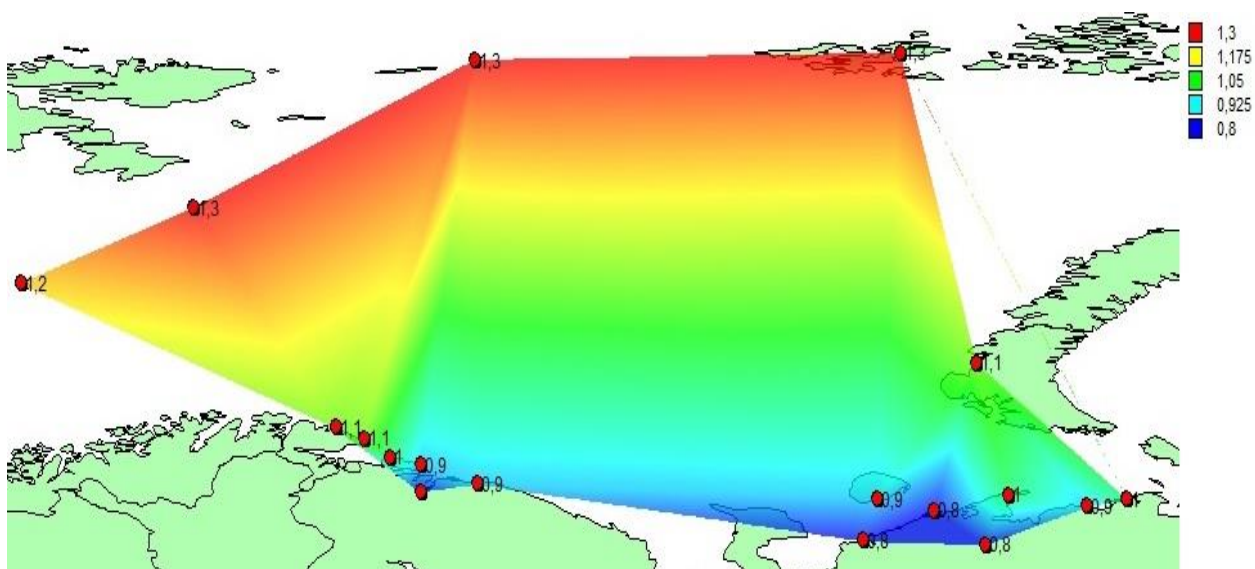


Рисунок 3.42 - Интерполяция отношение в долях естественной изменчивости

Заключение

Таким образом, проведен анализ и оценка современных климатических изменений температуры воздуха в акватории Баренцева моря. Ниже представлены краткие выводы, сделанные в результате данного изучения.

Создана территориальная база данных (БД) многолетних рядов наблюдений за температурой воздуха, состоящая из 18 метеорологических станций, с конца 19 века по 2022 год включительно. Расположение выбранных метеостанций позволяет описать наблюдениями всю рассматриваемую территорию.

Оценка современных климатических изменений температуры воздуха позволила установить, что для большинства станций при смещении начального года наблюдений на 1960 показатели нестационарности возрастают, а это означает, что в последние периоды потепление более значительное. Большинство изменений происходит после 1999 года

Построено пространственное распределение температуры января, наблюдается зональное повышение температуры. Максимальный рост, равный $5,1^{\circ}\text{C}$, наблюдается на станции Хопен и Остров Хейса.

При анализе пространственного распределения июльских температур видно, что потепление наблюдается не на всех станциях. Наибольшее повышение температуры наблюдается в восточной части, $1,3^{\circ}\text{C}$ на станции Малые Кармакулы. На станции Маяк Маккар наблюдается похолодание на $0,3^{\circ}\text{C}$.

Из пространственного распределения температур апреля следует, что потепление наблюдается на всех станциях. Наибольший рост наблюдается в восточной части территории, $4,1^{\circ}\text{C}$ на станции Малые Кармакулы, наименьший - на юго-западе, станция Маяк Маккар $0,6^{\circ}\text{C}$.

При рассмотрении пространственного распределения октябрьских температур был сделан вывод. На всех станциях наблюдается потепление.

Наибольшее повышение температуры наблюдается в северной части, на $4,1^{\circ}\text{C}$ на станции Остров Хейса, наименьшее на юго-западе, на станции Цып-Наволоок потепление составило $0,6^{\circ}\text{C}$.

Для января из 18 рядов модель линейного тренда во всех случаях неэффективна, а коэффициенты корреляции уравнения тренда со временем статистически значимы для 1 ряда. Модель ступенчатых изменений эффективна в 1 случае. При рассмотрении 1960 года при $\Delta > 10\%$ являются три ряда наблюдений среднемесячной температуры за месяц, следуя модели тренда и 4 ряда наблюдений следуя ступенчатой модели. Статистически значимыми коэффициентами корреляции, при значении $R > 0,26$, являются 6 рядов.

Для июля показатели $\Delta_{\text{тр}}$ и $\Delta_{\text{ст}}$ не превышают 10% и не являются статистически важными на всех станциях, в то время как коэффициенты корреляции температуры со временем статистически значимы лишь для 2 рядов и эти ряды имеют тенденцию к увеличению. Последний период наблюдений с 1960 г нестационарными являются 2 ряда, при этом коэффициенты корреляции температур со временем становятся статистически значимыми для 5 рядов.

Для апреля: нестационарными при $\Delta > 10\%$ является 5 рядов наблюдений среднемесячной температуры за месяц следуя из модели ступенчатых изменений. Статистически значимыми коэффициентами корреляции являются 7 рядов. Так, например для 18 станций при рассмотрении рядов с началом в 1960 году коэффициенты корреляции уравнения тренда со временем статистически значимы для 15 рядов, Модель линейного тренда неэффективна в 12 случаях. Модель ступенчатых изменений эффективна в десяти случаях.

Для октября: модель линейного тренда эффективна в трех случаях, Ступенчатая модель в 13 случаях неэффективна, а коэффициенты корреляции значимы для девяти рядов. После получения результатов расчёта с началом 1960г. $\Delta_{\text{тр}}$ и $\Delta_{\text{ст}}$ при $\Delta > 10\%$ являются тринадцать рядов наблюдений по температуре за месяц, три ряда по модели тренда и 10 рядов по ступенчатой модели. Статистически значимыми коэффициентами корреляции, являются 12 рядов.

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. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Колебания и изменения климата на территории России // Известия РАН Физика атмосферы и океана. 2003. – Т. 39. N 2.
5. MapInfo Professional. Руководство пользователя (полное). – MapInfo Corporation, Troy, New York, 2003.
6. Анисимов О.А., Белолуцкая М.А., Лобанов В.А. Современные изменения климата в области высоких широт Северного полушария - Метеорология и гидрология. - 2003. - N 1. - С.18-30.
7. Под ред. Н. В. Кобышевой Климат России. - СПб. : Гидрометеиздат, 2001. - 654с
8. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Росгидромет - Москва.: ГУ ВНИИГМИ-МЦД, 2008 - 1400с.
9. Пугачев В.С. Общая теория корреляции случайных функций. Изв. АН СССР, сер. Матем. 1953. Т.17, №5, с.401—420.
10. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Статистика, 1973. 392 с.
11. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. М.: Мир, 1973. 957 с.
12. Малинин В.Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. Санкт-Петербург, РГГМУ, 2008. – 407с.

- 13.Монин А.С, Сонечкин Д.М. Колебания климата Издательство: Наука. ISBN 5-02-33748-X; 2005. – 192 с.
- 14.Закс Л. Статистическое оценивание. – М.: Статистика, 1976. 598 с.
- 15.Форум о погоде и природе (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://meteoclub.ru/>.
- 16.Географический факультет МГУ (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://meteo-geofak.narod.ru/>.
- 17.Сайт «Метеорология» (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://www.ometeo.ru/>.
- 18.Научная электронная библиотека (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://elibrary.ru>.
- 19.Российский сайт «Погода и климат» (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru>
- 20.Сайт Королевского метеорологического института Нидерландов (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://climexp.knmi.nl>
- 21.Сайт по географии (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://geography-ege.ru/>