



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
(магистерская диссертация)

На тему: «Оценка современного и будущего климата на юге Западной Сибири»

Исполнитель Астанина Юлия Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

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

Лобанов Владимир Алексеевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
И.о. заведующего кафедрой

Дробжева
(подпись)

доктор физико-математических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Дробжева Яна Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

« 01 » июня 2024 г.

Санкт-Петербург
2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ОЦЕНКА ЕЕ КАЧЕСТВА.....	5
1.1. Расположение пунктов наблюдений по территории	5
1.2. Анализ однородности и стационарности данных.....	7
1.3. Восстановление пропусков и приведение рядов к многолетнему периоду	17
ГЛАВА 2. РАСЧЕТ МНОГОЛЕТНИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ НОРМ И СОБЫТИЙ РЕДКОЙ ПОВТОРЯЕМОСТИ 1 РАЗ В 100 И 200 ЛЕТ.....	27
ГЛАВА 3. ОЦЕНКА СООБРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ.....	37
3.1. Расчёт параметров основных моделей временных рядов	37
3.2. Пространственное обобщение полученных параметров нестационарных моделей.	41
ГЛАВА 4. ОЦЕНКА СЦЕНАРНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ	55
4.1. Выбор эффективной климатической модели по результатам исторического эксперимента.....	55
4.2. Оценка и корректировка климатических проекций	60
ВЫВОДЫ.....	70
ЛИТЕРАТУРА.....	73
<i>Приложение 1</i>	74
<i>Приложение 2</i>	80
<i>Приложение 3</i>	85
<i>Приложение 4</i>	97

ВВЕДЕНИЕ

Территория юга Западной Сибири – это важный географический регион, расположенный в Азиатской части России. Здесь собрана различная флора и фауна горных, степных, таёжных и других рельефов. Климат преимущественно континентальный с морозными и ясными зимами и короткими и жаркими летами. Юг Западной Сибири также богат водными, лесными ресурсами. Крупнейшие реки страны – Обь, Иртыш, Томь – обеспечивают хозяйственную деятельность региона. Запасы нефти, газа, угля, леса, различных металлов позволяют здешним субъектам занимать лидирующие позиции по их добыче и производству не только в стране, но и на международном рынке. В свою очередь, такое богатство создаёт условия, в которых население в большей степени сосредоточено в городских агломерациях на западе региона и в сельской местности на востоке, где большую роль играет сельскохозяйственная деятельность.

Исследование изменения климата на юге Западной Сибири поможет лучше понять последствия климатических изменений для природы и общества в регионе. Это также позволит разработать более эффективные стратегии приспособления к изменяющимся климатическим условиям и смягчения их негативного воздействия. Таким образом, изучение изменения климата на юге Западной Сибири является важным и актуальным направлением научных исследований.

Также хочется сказать о тех возможных последствиях, которые может затронуть изменение климата на юге Западной Сибири.

Во-первых, это воздействие на экологию региона. Мы должны понимать, как изменение режима осадков, их количество, повышение температуры воздуха, ее экстремумы зимой или летом скажутся на флоре и фауне, и какие меры возможно предпринять по их сохранению. Во-вторых, эти же факторы могут значительно повлиять на деятельность человека.

Сельское хозяйство, промышленность, туризм и другие отрасли, имеющие прямое отношение к экономике региона, должны быть обеспечены различными стратегиями адаптации к изменяющимся условиям. Это поможет принять, в случае необходимости, меры по сокращению экономических потерь. В-третьих, понимание того, как и насколько изменяется климат на территории юга Западной Сибири, а также последствия этих изменений, позволят разработать меры защиты здоровья для населения, особенно в районах крупных городов.

Целью данной магистерской диссертации является оценка современных и будущих изменений климата на территории юга Западной Сибири. Предметом исследования стали среднемесячные температуры воздуха и суммы осадков за центральные месяцы каждого сезона – январь, апрель, июль, октябрь в период с 1930 по 2023 годы. Данные метеорологических наблюдений получены с 42 станций Алтайского края, Республики Алтай, Кемеровской, Новосибирской, Тюменской и Омской областей. Определение некоторых особенностей климата юга Западной Сибири позволит установить тенденции и закономерности распределения будущих климатических изменений.

ГЛАВА 1. СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ОЦЕНКА ЕЕ КАЧЕСТВА

1.1. Расположение пунктов наблюдений по территории

Ряды метеорологических данных получены с сайта «Погода и климат», который находится в открытом доступе в сети Интернет. На рис.1.1 приведено пространственное расположение станций, где цветом отмечена высота над уровнем море.

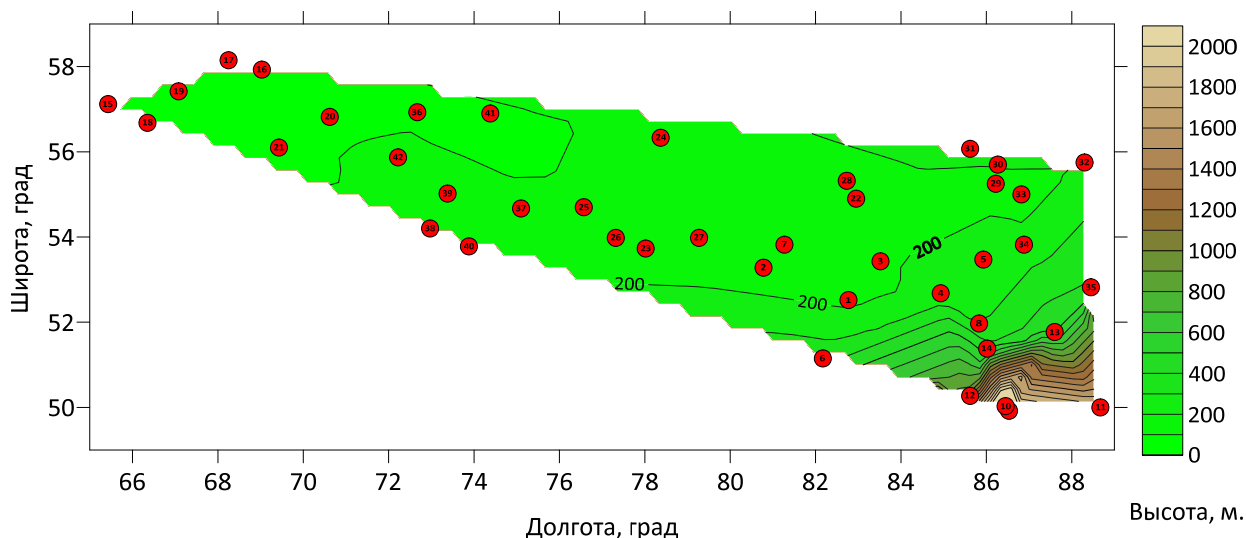


Рисунок 1.1. Расположение метеорологических станций на территории юга Западной Сибири

Как видно из Рис.1.1, станции преимущественно расположены на равнинных участках до 350-400 м.

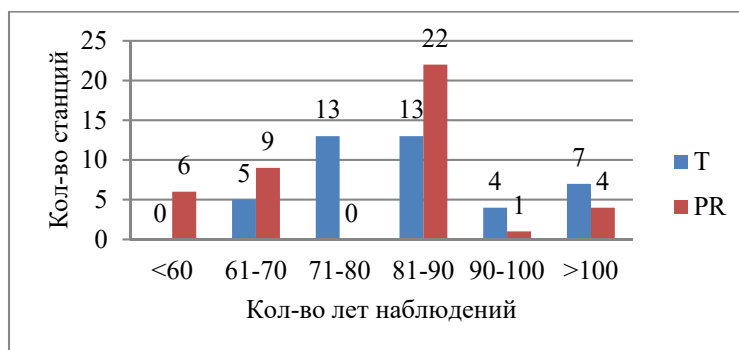


Рисунок 1.2. Период наблюдений на станциях юга Западной Сибири

Полученные данные наблюдений, информация о расположении метеорологических станций приведена в Таблице 1.1.

Таблица 1.1. Исходные данные значений температуры воздуха и сумм осадков на метеорологических станциях на территории юга Западной Сибири

Код	Наименование	Широта, град.	Долгота, град.	Год начала наблюдений (темп-ра)	Год начала наблюдений (осадки)	Год окончания наблюдений (темп-ра, осадки)	Кол-во лет (темп-ра)	Кол-во лет (осадки)
1	Алейск	52.52	82.77	1948	1936	2023	75	87
2	Баево	53.28	80.78	1951	1955	2023	72	68
3	Барнаул	53.43	83.52	1838	1838	2023	185	185
4	Бийск	52.68	84.93	1936	1936	2023	87	87
5	Тогул	53.47	85.93	1948	1936	2023	75	87
6	Змеиногорск	51.15	82.17	1901	1901	2023	122	122
7	Камень-на-Оби	53.82	81.27	1936	1936	2023	87	87
8	Горно-Алтайск	51.97	85.83	1958	1958	2023	65	65
9	Ак-Кемь	49.92	86.53	1951	1973	2023	72	50
10	Кара-Тюрек	50.03	86.45	1939	1939	2023	84	84
11	Кош-Агач	50	88.67	1933	1934	2023	90	89
12	Усть-Кокса	50.27	85.62	1936	1936	2023	87	87
13	Яйлю	51.77	87.6	1931	1931	2023	92	92
14	Чемал	51.38	86.02	1951	1936	2023	72	87
15	Тюмень	57.12	65.43	1885	1936	2023	138	87
16	Вагай	57.93	69.03	1936	1973	2023	87	50
17	Тобольск	58.15	68.25	1832	1856	2023	191	167
18	Ялуторовск	56.68	66.35	1936	1955	2023	87	68
19	Ярково	57.42	67.08	1931	1959	2023	92	64
20	Викулово	56.82	70.62	1936	1936	2023	87	87
21	Ишим	56.1	69.43	1847	1936	2023	176	87
22	Новосибирск	54.9	82.95	1930	1958	2023	93	65
23	Карасук	53.73	78.02	1951	1938	2023	72	85
24	Северный	56.33	78.37	1936	1936	2023	87	87
25	Чистоозерный	54.7	76.57	1951	1973	2023	72	50
26	Купино	53.98	77.32	1948	1936	2023	75	87
27	Красноозерск	53.98	79.27	1951	1938	2023	72	85
28	Колывань	55.32	82.73	1951	1936	2023	72	87
29	Кемерово	55.25	86.22	1951	1955	2023	72	68
30	Барзас	55.7	86.27	1951	1973	2023	72	50
31	Тайга	56.07	85.62	1936	1936	2023	87	87
32	Тисуль	55.75	88.3	1936	1936	2023	87	87
33	Крапивино	55	86.82	1953	1936	2023	70	87
34	Новокузнецк	53.82	86.88	1955	1955	2023	68	68
35	Усть-Кабырза	52.82	88.45	1951	1973	2023	72	50
36	Большие Уки	56.93	72.67	1935	1936	2023	88	87
37	Любимовка	54.67	75.1	1956	1973	2023	67	50
38	Одесское	54.2	72.97	1938	1937	2023	85	86
39	Омск	55.02	73.38	1875	1885	2023	148	138
40	Русская Поляна	53.78	73.88	1954	1957	2023	69	66
41	Тара	56.9	74.38	1832	1936	2023	191	87
42	Тюкалинск	55.87	72.22	1926	1959	2023	97	64

Из Табл.1.1 видно, что самый продолжительный период наблюдений за температурой воздуха 191 год на станции Тобольск, самый короткий 65 лет – на станции Горно-Алтайск. Самый продолжительный период наблюдений за осадками 185 лет на станции Барнаул, самый короткий период 50 лет – на станции Любимовка. При этом среднее количество лет наблюдений за температурой воздуха 94 года, а за осадками – 83,5 года. Отметим, что больше всего станций с продолжительностью наблюдений в диапазоне 81-90 лет по данным сумм осадков (22 случая), 71-90 по данным температуры воздуха (26 случаев), что говорит о том, что полученные временные ряды достаточной продолжительности для изучения и оценки изменения климата.

1.2. Анализ однородности и стационарности данных

Методика оценки однородности и стационарности данных метеорологических наблюдений заключается в сравнении расчётных и критических значений критериев Диксона, Фишера и Стьюдента.

Критерий Диксона позволяет оценить статистическую значимость однородности экстремальных, резко отклоняющихся значений в эмпирическом распределении. Уточним, что причинами неоднородности ряда могут быть особые условия формирования этих отклонений (например, тайфун, ураган и др.), значительные погрешности измерений, а также редкая повторяемость появления экстремального значения (если эта вероятность определяется по эмпирической формуле для короткого ряда, но с включением в него экстремума).

Статистики критериев Диксона рассчитываются на основе эмпирических данных по формулам (1.1)-(1.10).

Для максимального члена ранжированного ряда в возрастающем порядке выборки (Y_n):

$$D1_n = \frac{Y_n - Y_{n-1}}{Y_n - Y_1}, \quad (1.1)$$

$$D2_n = \frac{Y_n - Y_{n-1}}{Y_n - Y_2}, \quad (1.2)$$

$$D3_n = \frac{Y_n - Y_{n-2}}{Y_n - Y_2}, \quad (1.3)$$

$$D4_n = \frac{Y_n - Y_{n-2}}{Y_n - Y_3}, \quad (1.4)$$

$$D5_n = \frac{Y_n - Y_{n-2}}{Y_n - Y_1}; \quad (1.5)$$

Для минимального члена ранжированного ряда в возрастающем порядке выборке (Y_1):

$$D1_n = \frac{Y_1 - Y_2}{Y_1 - Y_n}, \quad (1.6)$$

$$D2_n = \frac{Y_1 - Y_2}{Y_1 - Y_{n-1}}, \quad (1.7)$$

$$D3_n = \frac{Y_1 - Y_3}{Y_1 - Y_{n-1}}, \quad (1.8)$$

$$D4_n = Y_1 - Y_{n-2}, \quad (1.9)$$

$$D5_n = \frac{Y_1 - Y_3}{Y_1 - Y_n}, \quad (1.10)$$

где $Y_1 < Y_2 < \dots < Y_n$; n – объём выборки.

Оценка однородности состоит в сравнении расчётного значения статистики критерия, полученной по эмпирическим данным, и критического значения из таблиц при заданном уровне значимости (α), объёме выборки (n), коэффициентах автокорреляции [$r(l)$] и асимметрии (C_s). Уровень

значимости задаётся 5%, что соответствует принятию нулевой гипотезы об однородности с вероятностью 95%. Так, гипотеза однородности принимается в том случае, если расчётное значение критерия Диксона меньше критического.

Коэффициенты асимметрии (C_s) и автокорреляции [$r(l)$] рассчитываются по формулам (1.11) и (1.12), соответственно.

$$C_s = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^3}{n\sigma^3}, \quad (1.11)$$

$$r(1) = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y}_{(1)})(Y_i - \bar{Y}_{(2)})}{n\sigma_{(1)}\sigma_{(2)}}, \quad (1.12)$$

После расчёта формул (1.11)-(1.12) необходимо оценить статистическую значимость полученных значений коэффициентов асимметрии и автокорреляции.

Критерии Стьюдента и Фишера предназначены для оценки стационарности средних значений и дисперсий. Оценка метеорологических рядов по критериям Стьюдента и Фишера проводится только после того, как ряд исследован на отсутствие отклоняющихся экстремумов, влияющих как на средние значения, так и на дисперсию всего ряда.

Последовательность расчёта критериев Стьюдента и Фишера заключается в разбиении всего ряда на несколько подвыборок так, чтобы границы разбиения приходились на даты нарушения стационарности. Для каждой подвыборки определяются значения средних ($\bar{Y}_j$) и дисперсий (σ_j^2), которые необходимы для расчёта критерия Фишера по формуле (1.13):

$$F = \frac{\sigma_j^2}{\sigma_{j+1}^2}, \quad (1.13)$$

при $\sigma_j^2 > \sigma_{j+1}^2$, где σ_j^2 и σ_{j+1}^2 – дисперсии для следующих друг за другом подвыборок (j) и ($j+1$) объёмом n_1 и n_2 , соответственно.

Гипотеза о стационарности дисперсий принимается только в том случае, если расчётное значение критерия Фишера меньше критического ($F < F^*$) при уровне значимости $\alpha=5\%$ и соответствующих объёмах выборок n_1 и n_2 .

Расчётное значение критерия Стьюдента для оценки стационарности средних значений в последовательных подвыборках определяется по формуле (1.14):

$$t = \frac{\overline{Y}_{(1)} - \overline{Y}_{(2)}}{\sqrt{n_1 \sigma_{(1)}^2 + n_2 \sigma_{(2)}^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 - n_2}}, \quad (1.14)$$

где $\overline{Y}_{(1)}$ и $\overline{Y}_{(2)}$ – средние значения, а $\sigma_{(1)}^2$ и $\sigma_{(2)}^2$ – дисперсии двух последовательных выборок объёмами n_1 и n_2 , соответственно.

Оценка стационарности по критерию Стьюдента проводится путём сравнения расчётных и критических значений. Так, если расчётное значение меньше критического при уровне значимости $\alpha=5\%$ и соответствующих объёмах выборок n_1 и n_2 , гипотеза об однородности принимается.

Для расчёта значений критериев Диксона, Фишера и Стьюдента для рядов метеорологических характеристик в январе, апреле, июле и августе на станциях на юге Западной Сибири был использован Программный комплекс «Гидрорасчеты». Результаты представлены ниже в виде таблиц.

Уточним, что знаком «+» представлен вывод о принятии гипотезы однородности и стационарности, а знаком «–» – об её отклонении. Если расчётное значение статистики критерия близко к критическому, но превышает его, то в таблице приводится уровень значимости,

соответствующий расчётному значению критерия. При этом вывод о принятии или отклонении гипотезы считается сомнительным и заключается в скобки.

Таблица 1.2. Результаты оценки стационарности среднемесячных температур воздуха по критериям Диксона (Д), Фишера (Ф) и Стьюдента (Ст) на метеорологических станциях юга Западной Сибири.

№ п/п	Станция	январь			апрель			июль			октябрь		
		Д	Ф	Ст	Д	Ф	Ст	Д	Ф	Ст	Д	Ф	Ст
1	Алейск	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
2	Басово	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
3	Барнаул	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-
4	Бийск	+	+	+	+	(-)1,9	-	+	+	+	+	+	-
5	Тогул	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
6	Змеиногорск	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
7	Камень-на-Оби	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	(+)3,6
8	Горно-Алтайск	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	(+)3,0
9	Ак-Кемь	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+
10	Каратюрк	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+
11	Кош-Агач	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-
12	Усть-Кокса	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-
13	Яйлю	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-
14	Чемал	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-
15	Тюмень	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
16	Вагай	+	+	-	+	+	+	+	+	(-)2,3	+	+	-
17	Тобольск	+	+	+	+	(-)1,5	(-)2,9	+	+	+	+	+	-
18	Ялуторовск	+	+	-	+	+	+	+	+	(-)2,2	+	+	-
19	Ярково	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
20	Викулово	+	+	-	+	+	-	+	+	(-)2,4	+	+	-
21	Ишим	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
22	Новосибирск	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
23	Карасук	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
24	Северный	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
25	Чистоозерный	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
26	Купино	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
27	Красноозерск	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
28	Колывань	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
29	Кемерово	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
30	Барзас	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
31	Тайга	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-

32	Тисуль	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
33	Крапивино	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
34	Новокузнецк	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
35	Усть-Кабырза	+	+	+	+	+	-	+	+	(+)3,6	+	+	-
36	Большие Уки	+	+	-	+	+	+	+	+	(+)4,9	+	+	-
37	Любимовка	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
38	Одесское	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
39	Омск	+	+	(-)0,9	+	+	-	+	+	+	+	+	+
40	Русская Поляна	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
41	Тара	+	+	(-)1,2	+	+	-	+	+	+	+	+	+
42	Тюкалинск	+	+	(-)2,4	+	+	-	+	+	+	+	+	+

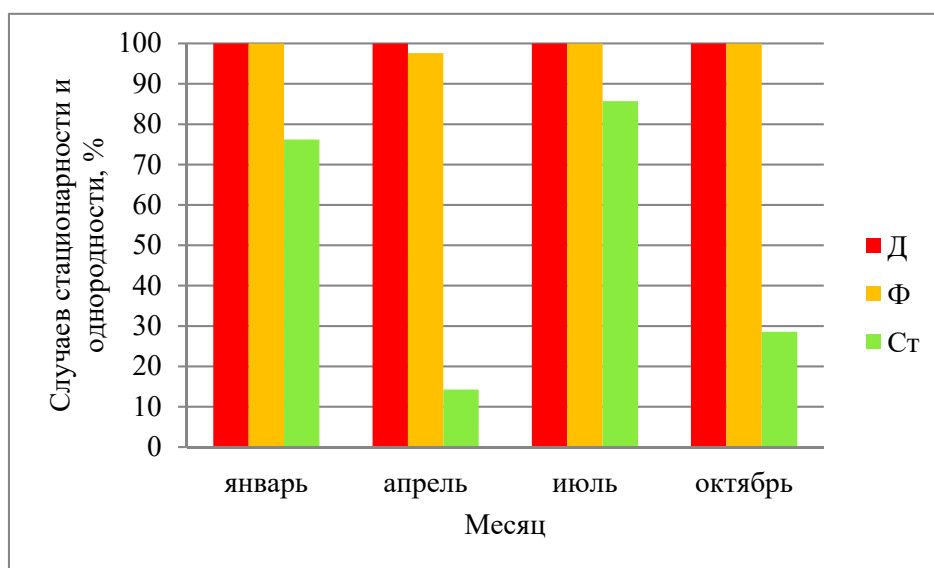


Рисунок 1.3. Сводная гистограмма случаев однородности и стационарности временных рядов температуры воздуха в %

Из табл.1.2 и рис.1.3 можно сделать вывод, что во все месяцы ряды температуры воздуха однородны по критерию Диксона, стационарны по дисперсиям в январе, июле и октябре, не стационарность в апреле выявлена на двух станциях – Бийск и Тобольск, где отмечается рост дисперсий во второй половине ряда с начала 1980-х гг. Критерий Стьюдента показывает, что ряды более стационарны в январе и июле и менее стационарны в апреле и октябре:

1. В январе из 42 рядов не стационарными оказались 13 станций. Станция Барнаул (с учётом того, что ряд не

имеет восстановленных значений и является самым продолжительным, рост средних значений наблюдается с 1930-х годов), на станциях Кош-Агач, Усть-Кокса, Яйлю, Вагай, Ялуторовск, Ярково, Большие Уки рост средних наблюдается с начала 1980-х годов; на станциях Новосибирск, Одесское, Омск, Тара, Тюкалинск – увеличение средних с конца 1970-х годов.

2. В апреле из 42 рядов не стационарными по средним значениям оказались 37 рядов (стационарные ряды наблюдаются на станциях Вагай, Ялуторовск, Ярково, Северный, Большие Уки). При этом рост средних значений отмечается с начала 1940-х годов и до 1980-х.
3. В июле из 42 рядов не стационарными по средним значениям выявлено 6 случаев. На станциях Ак-Кемь, Каратюрк, Кош-Агач, Усть-Кокса, Яйлю, Чемал отмечается рост средних значений во второй половине ряда с конца 1970-х – начала 1980-х годов.
4. В октябре из 42 рядов обнаружено 29 случаев не стационарности по средним значениям. На станциях отмечается рост средних значений с начала 1940-х годов до 1980-х.

Таблица 1.3. Результаты оценки стационарности среднемесячных сумм осадков по критериям Диксона (Д), Фишера (Ф) и Стьюдента (Ст) на метеорологических станциях юга Западной Сибири.

№ п/п	Станция	январь			апрель			июль			октябрь		
		Д	Ф	Ст	Д	Ф	Ст	Д	Ф	Ст	Д	Ф	Ст
1	Алейск	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Баяно	+	+	+	+	+	+	+	(-)1,8	+	+	+	+
3	Барнаул	+	+	+	+	+	(-)2,5	+	+	+	+	+	+
4	Бийск	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	Тогул	+	-	-	+	-	+	+	+	(-)2,1	+	+	+

6	Змеиногорск	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	(-)1,6	+
7	Камень-на-Оби	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8	Горно-Алтайск	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+
9	Ак-Кемь	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+
10	Каратюрк	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+
11	Кош-Агач	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
12	Усть-Кокса	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13	Яйлю	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	(-)2,0	+
14	Чемал	+	-	+	+	+	+	+	(-)1,9	+	+	+	+
15	Тюмень	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	(-)1,8	+
16	Вагай	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
17	Тобольск	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	(-)1,0	+
18	Ялуторовск	+	(+)3,4	+	+	(-)2,2	+	+	+	+	+	+	+
19	Ярково	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20	Викулово	+	(-)2,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
21	Ишим	+	(-)2,8	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
22	Новосибирск	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
23	Карасук	+	(+)5,0	+	+	+	+	+	+	+	+	(-)1,9	+
24	Северный	+	+	(-)2,2	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25	Чистоозерный	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
26	Купино	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
27	Красноозерск	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+
28	Колывань	+	(-)2,4	-	+	-	(+)3,2	+	+	+	+	-	(+)3,0
29	Кемерово	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30	Барзас	+	(+)3,6	+	+	+	+	+	+	-	+	+	(+)3,7
31	Тайга	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
32	Тисуль	+	(-)1,6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	(-)2,6
33	Крапивино	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	(-)2,1	+
34	Новокузнецк	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
35	Усть-Кабырза	+	-	+	+	-	(-)2,4	+	+	+	+	-	+
36	Большие Уки	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+
37	Любимовка	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
38	Одесское	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
39	Омск	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	(-)1,7	(-)2,4
40	Русская Поляна	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
41	Тара	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
42	Тюкалинск	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

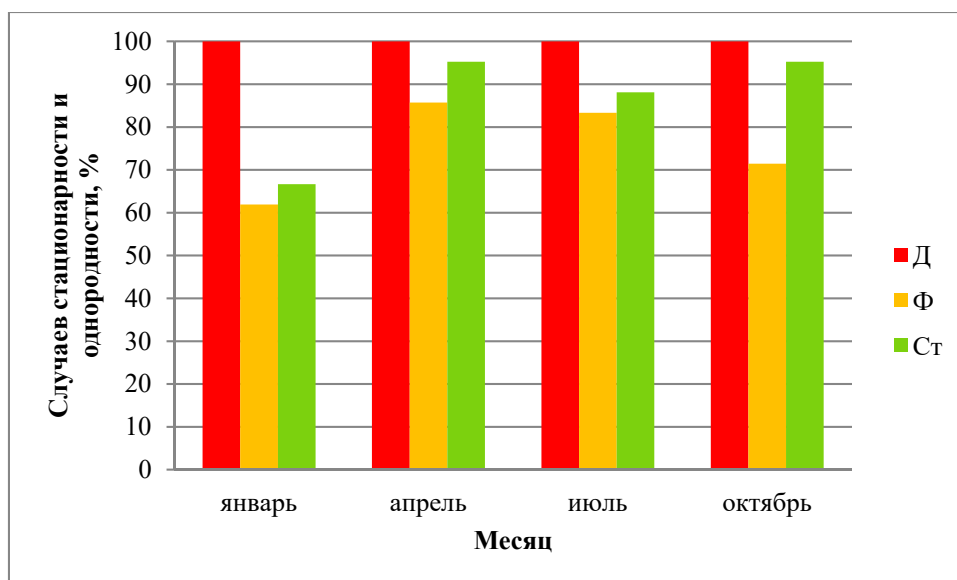


Рисунок 1.4. Сводная гистограмма случаев однородности и стационарности временных рядов осадков в %

Из табл.1.3 и рис.1.4. следует, что все распределения среднемесячных сумм осадков однородны. Оценка стационарности рядов показала, что:

1. В январе по критерию Фишера из 42 рядов не стационарными по дисперсиям являются 17, из которых 4 приняты условно не стационарными. Отмечены также три станции с условно стационарными рядами. Не стационарность прослеживается в основном с конца 1940-х – начала 1980-х годов. По критерию Стьюдента из 42 рядов не стационарными по средним значениям отмечаются 12 рядов, из которых 1 – условно не стационарный. Рост средних значений во второй половине ряда отмечается с конца 1960-х до начала 1980-х годов.
2. В апреле по критерию Фишера из 42 рядов не стационарными по дисперсии являются 6 рядов – на станциях Тогул и Колывань рост дисперсий с конца 1970-х годов, на станциях Ак-Кемь и Ялуторовск – с конца 1980-х, на станциях Усть-Кабырза и Горно-Алтайск – с начала 1990-х годов. По критерию Стьюдента из 42 рядов не стационарных по средним

значениям обнаружено 2 – на станции Барнаул рост средних значений во второй половине ряда отмечается с конца 1930-х годов, на станции Усть-Кабырза – с начала 1990-х годов.

3. В июле по критерию Фишера из 42 рядов не стационарными по дисперсиям являются 7. На станциях Кош-Агач и Чемал рост дисперсий наблюдается с конца 1970-х годов, на станциях Кара-Тюрек, Баево и Горно-Алтайск – с начала 1980-х, на станциях Ак-Кемь и Любимовка – с начала 1990-х годов. По критерию Стьюдента не стационарных по средним значениям обнаружено 5 рядов. На станции Тогул рост средних значений наблюдается с середины, на станциях Большие Уки и Кош-Агач – с конца 1970-х, на станции Ак-Кемь и Барзас с начала 1990-х и 2000-х, соответственно.
4. В октябре по критерию Фишера не стационарными по дисперсии являются 11 рядов. На станции Тобольск рост дисперсий отмечается с начала 1950-х годов, а на станции Омск – с конца того же десятилетия, на станции Змеиногорск – с начала 1970-х, на станциях Яйлю, Тюмень, Крапивино, Большие Уки – с конца 1970-х годов, на станциях Карасук, Красноозерск – с начала 1980-х годов, на станции Усть-Кабырза – с 1990-х годов. По критерию Стьюдента обнаружено всего 2 не стационарных по средним значениям ряда – на станции Тисуль рост средних значений во второй половине ряда отмечается с конца 1970-х годов, а на станции Омск – с конца 1950-х.

1.3. Восстановление пропусков и приведение рядов к многолетнему периоду

Поскольку не все данные для исследования были получены без пропусков во временном ряду, или ряды необходимо было привести к многолетнему периоду, мы обратимся к методу восстановления пропусков, который основан на построении регрессионных уравнений с одним или несколькими аналогами, которые имеют более продолжительный ряд наблюдений и данные наблюдений в те годы, которые нам необходимо восстановить на рассматриваемой станции.

Последовательность приведения к многолетнему периоду состоит в том, что все уравнения, которые удовлетворяют условиям эффективности, ранжируются в порядке убывания коэффициента корреляции. Далее необходимо восстановить погодичные значения метеорологической характеристики рассматриваемого пункта и всех пунктах-аналогах, в которых было рассчитано наибольшее значение коэффициента корреляции. При помощи уравнения регрессии, коэффициенты корреляции меньше предыдущего (но больше остальных) поэтапно восстанавливаются погодичные значения метеорологических характеристик до тех пор, пока не будут использованы все регрессионные уравнения, которые отвечают условиям эффективности.

Уравнение множественной линейной регрессии для восстановления пропусков:

$$Y = k_0 + k_1 Y_1 + k_2 Y_2 + \dots + k_i Y_i + \dots + k_l Y_l, \quad (1.15)$$

где Y – значение метеорологической характеристики в рассматриваемом пункте; Y_i – значение метеорологической характеристики в пунктах-аналогах; k_0 – свободный член; k_i – коэффициент уравнения регрессии при i равном от 1 до l , l – число пунктов-аналогов.

Условия для эффективного уравнения связи выражаются:

$$n' \geq 6 - 10, R \geq R_{kr}, \frac{R}{\sigma_R} \geq A_{kr}, \frac{k}{\sigma_k} \geq B_{kr}, \quad (1.16)$$

где n' – число совместных лет наблюдений в рассматриваемом пункте и пунктах-аналогах ($n' \geq 6$ при одном аналоге, $n' \geq 10$ при двух и больше аналогах); R – коэффициент корреляции между значениями на рассматриваемом пункте и пунктах-аналогах; R_{kr} – критическое значения коэффициента корреляции $\geq 0,7$; k – коэффициенты уравнения регрессии; σ_R и σ_k – средняя квадратическая ошибка коэффициента корреляции и коэффициента регрессии, соответственно; A_{kr} и B_{kr} – критические значения равные 2,0.

При этом если не выполняется хотя бы одно условие, то уравнение не может быть использовано для приведения к многолетнему периоду.

Восстановленные данные, полученные по уравнению (1.15) на основе метода наименьших квадратов (МНК), имеют систематически заниженную дисперсию. Для того чтобы её исключить, вводится поправка:

$$Q'_i = \frac{Q_i - \overline{Q_n}}{R + \overline{Q_n}}, \quad (1.17)$$

где Q_i – значения метеорологической характеристики; $\overline{Q_n}$ – среднее арифметическое приводимого ряда за совместный период на рассматриваемом пункте и пункте-аналоге.

Для оценки эффективности восстановленных значений используется стандартная погрешность, рассчитываемая по формуле:

$$\sigma_\varepsilon = \sigma_Y \sqrt{1 - R^2}, \quad (1.18)$$

где σ_ε – среднее квадратическое отклонение между фактическими данными и рассчитанными при помощи регрессионных уравнений; σ_Y – стандартное отклонение приводимого ряда к многолетнему периоду.

При этом мы должны оценить количество восстановленных лет, отношение дисперсии и средних значений восстановленных значений к наблюдаемым значениям. Так, критерий Фишера и Стьюдента имеют смысл только в том случае, если количество восстановленных лет приблизительно равно наблюдаемым.

Для обработки большого количества информации в работе использовался Программный комплекс «Гидрорасчеты». Рассмотрим метод восстановления пропусков и приведения к многолетнему периоду на примере сумм осадков за январь на станции Любимовка. На станции самый не продолжительный ряд наблюдений, а также имеются пропуски с 1993 по 2004 и 2019 годы. На рис.1.5 представлен ряд наблюдаемых значений, полученных с сайта «Погода и климат».



Рисунок 1.5. Временной ряд наблюдаемых значений сумм осадков за январь на станции Любимовка

Для оценки степени связанности рядов станции Любимовка и возможных пунктов-аналогов построим матрицу парной корреляции (Рис.1.6).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	1	0.380	0.586	0.494	0.261	0.428	0.417	0.380	0.321	0.261	0.095	0.108	0.189	0.099	0.211	0.259	0.270	0.133	0.198	0.146	0.216	0.258	0.817	0.310	0.233	0.287	0.423
2	0.380	1	0.702	0.550	0.378	0.618	0.695	0.422	0.131	0.422	0.170	0.383	0.324	0.178	0.516	0.391	0.487	0.509	0.500	0.507	0.473	0.606	0.505	0.954	0.237	0.520	0.436
3	0.586	0.702	1	0.814	0.705	0.518	0.725	0.465	0.371	0.561	0.155	0.401	0.394	0.129	0.333	0.493	0.264	0.391	0.432	0.420	0.454	0.736	0.598	0.627	0.424	0.734	0.538
4	0.494	0.550	0.814	1	0.668	0.677	0.631	0.516	0.382	0.668	0.254	0.443	0.521	0.270	0.244	0.235	0.288	0.188	0.193	0.294	0.377	0.608	0.448	0.491	0.325	0.513	0.389
5	0.261	0.378	0.705	0.668	1	0.432	0.431	0.458	0.412	0.530	0.173	0.422	0.544	0.090	0.169	0.417	0.259	0.191	0.195	0.245	0.318	0.740	0.167	0.521	0.366	0.454	0.230
6	0.428	0.618	0.518	0.677	0.432	1	0.663	0.218	0.246	0.496	0.193	0.427	0.282	0.213	0.378	0.432	0.314	0.558	0.448	0.436	0.520	0.620	0.558	0.625	0.412	0.639	0.546
7	0.417	0.695	0.725	0.631	0.431	0.663	1	0.326	0.180	0.475	0.096	0.296	0.210	0.091	0.301	0.240	0.343	0.402	0.217	0.328	0.399	0.656	0.636	0.558	0.211	0.693	0.637
8	0.380	0.422	0.465	0.516	0.458	0.218	0.326	1	0.698	0.687	0.203	0.503	0.465	0.342	0.314	0.193	0.307	0.296	0.236	0.256	0.339	0.303	0.324	0.414	0.370	0.246	0.160
9	0.321	0.131	0.371	0.382	0.412	0.246	0.180	0.698	1	0.770	0.326	0.517	0.636	0.451	0.210	0.262	0.088	0.281	0.210	0.129	0.307	0.231	0.217	0.262	0.451	0.169	-0.063
10	0.261	0.422	0.561	0.668	0.530	0.496	0.475	0.687	0.770	1	0.453	0.607	0.578	0.411	0.214	0.268	0.183	0.341	0.121	0.192	0.362	0.428	0.264	0.372	0.384	0.330	0.258
11	0.095	0.170	0.155	0.254	0.173	0.193	0.096	0.203	0.326	0.453	1	0.208	0.527	0.408	0.620	0.205	-0.033	0.073	-0.293	0.010	0.130	0.047	0.018	-0.017	-0.020	-0.062	-0.103
12	0.108	0.383	0.401	0.443	0.422	0.427	0.296	0.503	0.517	0.607	0.208	1	0.397	0.514	0.150	0.509	0.149	0.311	0.325	0.295	0.323	0.438	0.069	0.233	0.356	0.230	0.157
13	0.189	0.324	0.394	0.521	0.544	0.282	0.210	0.465	0.636	0.578	0.527	0.397	1	0.618	0.332	0.197	0.223	0.167	0.228	0.259	0.315	0.372	0.090	0.180	0.212	0.104	0.082
14	0.099	0.178	0.129	0.270	0.090	0.213	0.091	0.342	0.451	0.411	0.408	0.514	0.618	1	0.281	0.154	0.151	0.170	0.372	0.189	0.286	0.041	0.006	-0.025	0.133	-0.131	-0.097
15	0.211	0.516	0.333	0.244	0.169	0.378	0.301	0.314	0.210	0.214	0.020	0.150	0.332	0.281	1	0.538	0.678	0.606	0.774	0.630	0.683	0.283	0.317	0.413	0.282	0.298	0.297
16	0.259	0.391	0.493	0.235	0.417	0.432	0.240	0.193	0.262	0.268	-0.205	0.509	0.197	0.154	0.538	1	0.539	0.596	0.732	0.668	0.518	0.447	0.244	0.473	0.597	0.491	0.106
17	0.270	0.487	0.264	0.288	0.259	0.314	0.343	0.307	0.088	0.183	-0.033	0.149	0.223	0.151	0.678	0.539	1	0.548	0.514	0.598	0.605	0.479	0.396	0.559	0.386	0.378	0.538
18	0.133	0.509	0.391	0.188	0.191	0.558	0.402	0.296	0.281	0.341	0.073	0.311	0.167	0.170	0.606	0.596	0.548	1	0.821	0.497	0.582	0.386	0.407	0.465	0.421	0.489	0.514
19	0.198	0.500	0.432	0.193	0.195	0.448	0.217	0.236	0.210	0.121	-0.293	0.325	0.228	0.372	0.774	0.732	0.514	0.821	1	0.741	0.764	0.312	0.324	0.397	0.400	0.400	0.068
20	0.146	0.507	0.420	0.294	0.245	0.436	0.328	0.256	0.129	0.192	0.010	0.295	0.259	0.189	0.630	0.668	0.598	0.497	0.741	1	0.817	0.445	0.225	0.475	0.498	0.489	0.298
21	0.216	0.473	0.454	0.377	0.318	0.520	0.399	0.339	0.307	0.362	0.130	0.323	0.315	0.286	0.683	0.518	0.605	0.582	0.764	0.817	1	0.452	0.338	0.495	0.531	0.515	0.388
22	0.258	0.606	0.736	0.608	0.740	0.620	0.656	0.303	0.231	0.428	0.047	0.438	0.372	0.041	0.283	0.447	0.479	0.386	0.312	0.445	0.452	1	0.378	0.738	0.476	0.750	0.515
23	0.817	0.505	0.598	0.448	0.167	0.558	0.636	0.324	0.217	0.264	0.018	0.059	0.090	0.006	0.317	0.244	0.396	0.407	0.324	0.225	0.338	0.378	1	0.493	0.383	0.556	0.674
24	0.310	0.554	0.627	0.491	0.521	0.625	0.558	0.414	0.262	0.372	-0.017	0.233	0.180	-0.025	0.413	0.473	0.559	0.465	0.397	0.475	0.495	0.738	0.493	1	0.551	0.677	0.596
25	0.233	0.237	0.424	0.325	0.366	0.412	0.211	0.370	0.451	0.364	-0.020	0.356	0.212	0.133	0.282	0.597	0.386	0.421	0.400	0.498	0.531	0.476	0.383	0.551	1	0.575	0.321
26	0.287	0.520	0.734	0.513	0.454	0.639	0.693	0.246	0.169	0.330	-0.052	0.230	0.104	-0.131	0.298	0.491	0.378	0.489	0.400	0.489	0.515	0.750	0.596	0.677	0.575	1	0.632
27	0.423	0.436	0.538	0.389	0.230	0.546	0.637	0.160	-0.063	0.258	-0.103	0.157	0.082	-0.097	0.297	0.106	0.538	0.514	0.068	0.298	0.388	0.515	0.674	0.596	0.321	0.692	1
28	0.485	0.469	0.665	0.597	0.651	0.627	0.582	0.377	0.329	0.431	0.048	0.323	0.304	0.089	0.448	0.398	0.518	0.374	0.371	0.433	0.583	0.846	0.588	0.734	0.535	0.682	0.574
29	0.255	0.496	0.638	0.562	0.775	0.568	0.465	0.332	0.255	0.446	0.044	0.495	0.375	0.127	0.286	0.544	0.456	0.389	0.385	0.470	0.453	0.895	0.231	0.672	0.419	0.571	0.376
30	0.437	0.316	0.625	0.509	0.723	0.521	0.278	0.361	0.252	0.365	0.040	0.317	0.384	0.032	0.275	0.641	0.541	0.347	0.413	0.419	0.372	0.727	0.344	0.630	0.580	0.559	0.222
31	0.408	0.465	0.623	0.552	0.584	0.661	0.559	0.276	0.211	0.414	0.071	0.387	0.282	0.083	0.271	0.500	0.495	0.440	0.332	0.375	0.383	0.723	0.536	0.786	0.469	0.658	0.592
32	0.196	0.470	0.551	0.525	0.581	0.298	0.349	0.497	0.346	0.457	0.134	0.464	0.445	0.236	0.328	0.363	0.229	0.204	0.178	0.224	0.248	0.456	0.116	0.228	0.018	0.238	0.101
33	0.209	0.385	0.615	0.478	0.749	0.422	0.356	0.411	0.301	0.415	0.059	0.380	0.448	0.134	0.288	0.519	0.491	0.215	0.286	0.372	0.360	0.901	0.181	0.596	0.460	0.518	0.326
34	0.196	0.638	0.643	0.547	0.669	0.339	0.419	0.557	0.349	0.476	0.216	0.444	0.465	0.088	0.314	0.500	0.366	0.232	0.284	0.397	0.332	0.592	0.164	0.500	0.278	0.369	0.137
35	0.459	0.405	0.632	0.537	0.753	0.545	0.321	0.389	0.370	0.364	0.085	0.424	0.568	0.139	0.248	0.586	0.355	0.381	0.465	0.374	0.414	0.586	0.402	0.527	0.572	0.548	0.254

Кол-во = 42

Рисунок 1.6. Матрица парных коэффициентов корреляции на станциях юга Западной Сибири

Из анализа матрицы коэффициентов парной корреляции для рядов сумм осадков в январе по территории юга Западной Сибири следует, что их связь преимущественно низкая. Самые большие значения коэффициента корреляции в пределах 0,702 – 0,895. Предельное минимальное значение коэффициента корреляции в дальнейшей работе будем задавать не менее 0,7.

В таблице 1.4 приведены результаты работы программы «Аналог» Программного комплекса «Гидрорасчеты».

Таблица 1.4. Результаты восстановления пропусков и приведения рядов к многолетнему периоду для рядов осадков января для метеостанции Любимовка

Кол-во факт. лет	Кол-во восст. лет	Эфф. восст, %	Сред. погр., мм	Стд. откл. исх.	Стд. откл. восст	Критерий Фишера	Сред. исх. ряда	Сред. восст. ряда	Критерий Стьюдента
38	40	105.3	5.1	9.4	7.6	1.6	12.4	8.4	2.1

Рассчитанные восстановленные значения сумм осадков января на станции Любимовка приведены в табл.1.5. Список метеостанций, которые использовались в табл.1.6.

Таблица 1.5. Многолетний ряд наблюждённых и восстановленных значений сумм осадков января на метеорологической станции Любимовка

Год	Значение, мм	Погрешность восст. (абс.), мм
1938	0.7	5.3
1939	0.6	5.3
1941	3.1	5.1
1942	4	5.1
1943	5.5	5.1
1944	6.9	5.1
1945	0.4	5.5
1946	19.3	5.1
1947	8.4	5.1
1948	5	5.1
1949	7.7	5.1
1950	0.8	5.1
1953	5.4	5.1
1954	1.6	5.1
1955	8.1	5.1
1956	7.3	5.1
1957	17.6	5.1
1958	2.1	5.1
1959	6.3	5.1
1960	12	5.1
1961	3.6	5.1
1962	6.7	5.1
1963	0.4	5.3
1964	29.6	5.1
1965	5.9	5.1
1966	7	5.1
1967	3.4	5.1
1968	2.6	5.1
1970	12.5	5.1
1971	31.7	5.1
1972	19.4	5.1
1973	3	0
1974	11	0
1975	33	0
1976	8	0
1977	12	0
1978	1	0
1979	15	0

1980	7	0
1981	10	0
1982	8	0
1983	9	0
1984	4	0
1985	4	0
1986	26	0
1987	16	0
1988	19	0
1989	16	0
1990	17	0
1991	15	0
1992	14	0
1993	0	0
1994	4.4	5.1
1995	4.4	5.1
1996	8.8	5.6
2001	15.6	5.1
2002	21.8	5.1
2003	8.1	5.1
2004	10.4	5.1
2005	12.8	5.5
2006	8	0
2007	11	0
2008	5	0
2009	0	0
2010	0	0
2011	5	0
2012	2	0
2013	20	0
2014	32	0
2015	25	0
2016	1	0
2017	14	0
2018	14	0
2019	3	5.1
2020	37	0
2021	16	0
2022	13	0
2023	20	0

Таблица 1.6. Список метеостанций-аналогов, использованных для восстановления значений сумм осадков в январе на метеорологической станции Любимовка

Номер станции	Наименование	Кол-во лет	Период		Широта, град	Долгота, град
5	Тогул	78	1936	2023	53.47	85.93

11	Кош-Агач	90	1934	2023	50	88.67
14	Чемал	88	1936	2023	51.38	86.02
17	Тобольск	143	1856	2023	58.15	68.25
21	Ишим	88	1936	2023	56.1	69.43
25	Чистоозерный	38	1973	2023	54.7	76.57
26	Купино	86	1936	2023	53.98	77.32
32	Тисуль	86	1936	2023	55.75	88.3
33	Крапивино	78	1936	2023	55	86.82
38	Одесское	82	1938	2023	54.2	72.97
39	Омск	130	1888	2023	55.02	73.38

Полученные результаты показывают, что количество восстановленных лет 40. Значения критерия Фишера меньше критического, а критерия Стьюдента немного превышают. Можно сказать, что восстановленные данные являются однородными по дисперсиям и условно однородными по средним значениям.

Ряды восстановленных значений приведены на Рис.1.7

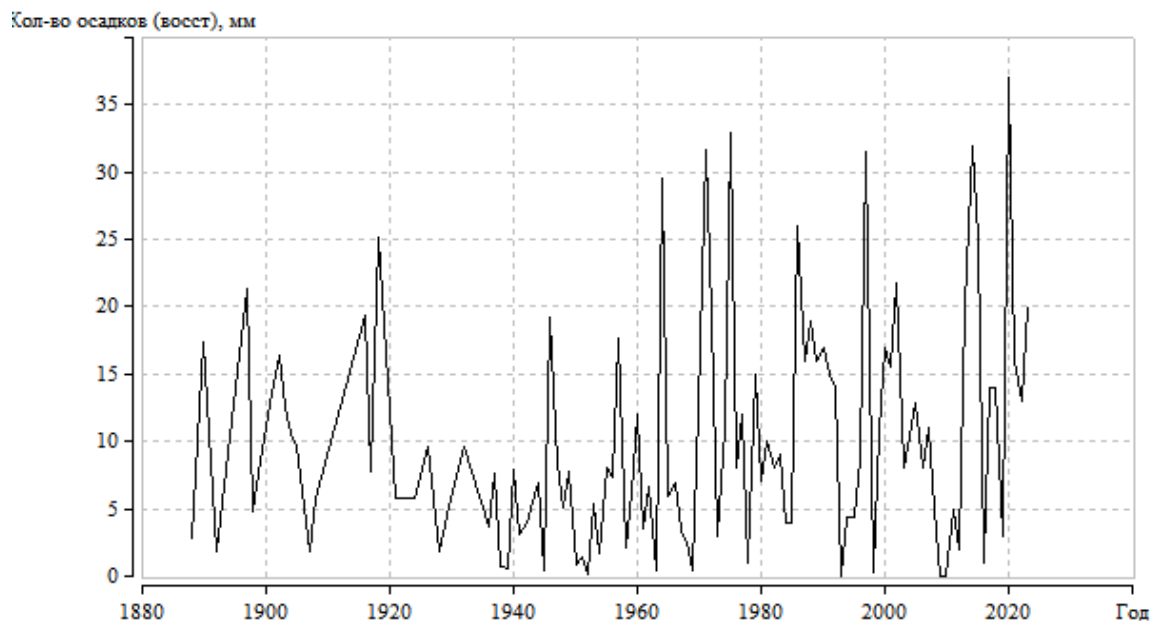


Рисунок 1.7 Восстановленные многолетние ряды сумм осадков января на станции Любимовка.

Таким же способом были восстановлены пропуски в рядах температуры воздуха и осадков на всех станциях за периоды – январь,

апрель, июль, октябрь. Подробные таблицы с полученными результатами приведены в Приложении 1 и Приложении 2.

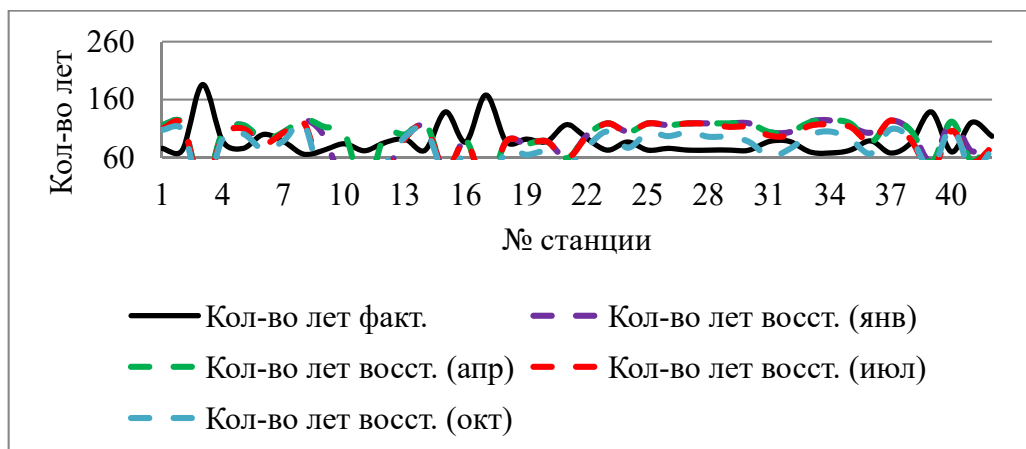


Рисунок 1.8. Количество восстановленных лет для рядов температуры воздуха

В Приложении 1 представлены расчётные характеристики восстановленных рядов температуры воздуха за все месяцы. Можно сказать, что для рядов января восстановить пропуски удалось на 41 станции. Количество восстановленных лет варьируется от 6 на станции Барнаул до 125 лет на станции Горно-Алтайск. Восстановленные значения являются однородными по дисперсиям, поскольку критерий Фишера не превышает критического значения во всех случаях. По критерию Стьюдента однородными являются только 9 рядов, не однородными 32.

Для рядов температуры воздуха апреля восстановить пропуски и привести ряды к многолетнему периоду удалось на всех станциях. Количество восстановленных лет варьируется от 3 на станции Кош-Агач до 126 лет на станции Горно-Алтайск. Восстановленные ряды однородные по дисперсиям в 41 случае (критерий Фишера не превышает 2), на станции Кош-Агач восстановленный ряд не однороден. По критерию Стьюдента однородность рядов не выявлена.

Для рядов температуры воздуха июля восстановить пропуски и привести ряды к многолетнему периоду удалось на 41 станции. Количество восстановленных лет варьируется от 4 на станции Кош-Агач до 124 лет на станции Любимовка. Восстановленные ряды однородные по дисперсиям в 37 случаях (критерий Фишера не превышает 2), на станции Кош-Агач, Тобольск, Новосибирск, Колывань восстановленные ряды не однородны. По критерию Стьюдента однородность рядов выявлена на 38 станциях, восстановленные ряды на станциях Тюмень, Омск, Тюкалинск не однородны.

Для рядов температуры воздуха октября восстановить пропуски и привести ряды к многолетнему периоду удалось на 40 станциях. Количество восстановленных лет варьируется от 1 года на станции Кара-Тюрек до 118 лет на станции Горно-Алтайск. Восстановленные ряды однородные по дисперсиям в 36 случаях (критерий Фишера не превышает 2). По критерию Стьюдента однородность рядов выявлена на 35 станциях. Критерии Фишера и Стьюдента не рассчитывались для станций Ак-Кемь и Кара-Тюрек, поскольку восстановленных значений 1 и 2 года, а наблюденных 73 и 85 лет, соответственно.

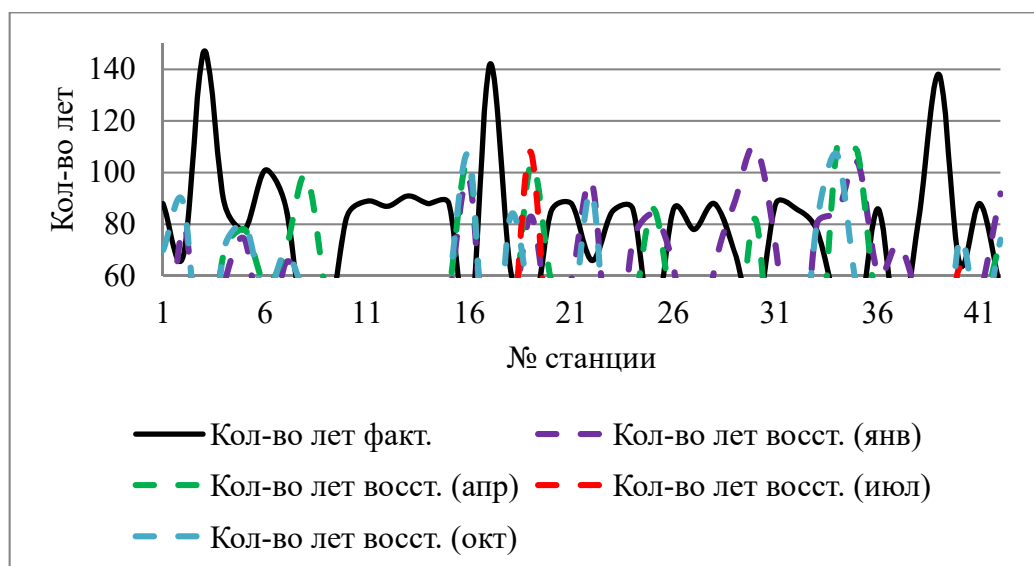


Рисунок 1.9. Количество восстановленных лет для рядов осадков

В Приложении 2 представлены расчётные характеристики восстановленных рядов осадков за все месяцы. Можно сказать, что для рядов января восстановить пропуски удалось на 38 станциях. Количество восстановленных лет варьируется от 1 на станциях Усть-Кокса и Яйлю до 110 лет на станции Барзас. Восстановленные значения являются однородными по дисперсиям и средним значениям в 25 случаях. Для станций Усть-Кокса и Яйлю критерии Фишера и Стьюдента не рассчитывались.

Для рядов осадков апреля восстановить пропуски и привести ряды к многолетнему периоду удалось на 36 станциях. Количество восстановленных лет варьируется от 1 года на станциях Усть-Кокса, Яйлю, Тобольск, Тисуль до 110 лет на станции Новокузнецк. Восстановленные ряды однородные по дисперсиям в 29 случаях (критерий Фишера не превышает 2). По критерию Стьюдента однородность рядов выявлена на 18 станциях. Критерии Фишера и Стьюдента не рассчитывались для станций с одним восстановленным годом.

Для рядов осадков июля восстановить пропуски и привести ряды к многолетнему периоду удалось на 27 станциях. Количество восстановленных лет варьируется от 1 года на станциях Колывань и Северный до 108 лет на станции Ярково. Восстановленные ряды однородные по дисперсиям в 19 случаях. По критерию Стьюдента однородность рядов выявлена на 22 станциях. Критерии Фишера и Стьюдента не рассчитывались для станций с одним восстановленным годом.

Для рядов осадков октября восстановить пропуски и привести ряды к многолетнему периоду удалось на 35 станциях. Количество восстановленных лет варьируется от 1 года на станциях Яйлю и Тисуль до 107 лет на станции Новокузнецк. Восстановленные ряды однородные по дисперсиям в 31 случае. По критерию Стьюдента однородность рядов

выявлена на 26 станциях. Критерии Фишера и Стьюдента не рассчитывались для станций с одним восстановленным годом.

ГЛАВА 2. РАСЧЕТ МНОГОЛЕТНИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ НОРМ И СОБЫТИЙ РЕДКОЙ ПОВТОРЯЕМОСТИ 1 РАЗ В 100 И 200 ЛЕТ

Методика расчёта климатических характеристик заключается в определении параметров и квантилей распределения путём аналитических функций распределения ежегодных вероятностей превышения, т.н. кривых обеспечения.

Эмпирическая ежегодная вероятность превышения (P_m) метеорологических характеристик можно найти по формуле (2.1):

$$P_m = \frac{m}{n+1} 100\%, \quad (2.1)$$

где m – порядковый номер членов ряда, ранжированному по убыванию, n – общее число членов ряда.

Эмпирические кривые распределения ежегодных вероятностей превышения строятся на клетчатках вероятностей, тип которых выбирается в зависимости от принятой аналитической функции распределения вероятностей и полученного отношения коэффициента асимметрии C_s к коэффициенту вариации C_v .

Для экстраполяции и сглаживания эмпирических кривых распределения ежегодных вероятностей превышения в работе использовались распределения с тремя параметрами:

1. распределение Крицкого-Менкеля (гамма-распределение), при котором возможно любое отношение коэффициента асимметрии C_s к коэффициенту вариации C_v ;

2. распределение Пирсона 3-го типа (биномиальная кривая), при котором отношение коэффициента асимметрии C_s к коэффициенту вариации C_v не должно быть больше 2.

Оценки параметров аналитических кривых распределения (среднее многолетнее значение $\bar{Q}$, коэффициент вариации C_v и отношение C_s/C_v) определяется по рядам метеорологических характеристик тремя методами:

1. методом приближённо наибольшего правдоподобия;
2. методов моментов;
3. методом наименьших квадратов (МНК).

Коэффициент вариации C_v и коэффициент асимметрии C_s для распределения Крицкого-Менкеля определяется методом приближённо наибольшего правдоподобия в зависимости от статистик λ_2 и λ_3 считается по формулам:

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg k_i}{n-1}, \quad (2.2)$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \lg k_i}{n-1}, \quad (2.3)$$

где k_i – модульный коэффициент рассматриваемой метеорологической характеристики.

$$k_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}_i}, \quad (2.4)$$

где Q_i – значения метеорологической характеристики; $\bar{Q}_i$ – среднее арифметическое значение, рассчитываемое по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}. \quad (2.5)$$

По рассчитанным значениям λ_2 и λ_3 определяют коэффициенты вариации и асимметрии, специальным таблицам, номограммам, различных вычислительных программ (в работе использован Программный комплекс «Гидрорасчеты»).

Коэффициент вариации C_v и коэффициент асимметрии C_s определяются методом моментов по формулам:

$$C_v = \left(\frac{a_1 + a_2}{n} \right) + \left(\frac{a_3 + a_4}{n} \right) \widetilde{C}_v + \left(\frac{a_5 + a_6}{n} \right) \widetilde{C}_v^2, \quad (2.6)$$

$$C_s = \left(\frac{b_1 + b_2}{n} \right) + \left(\frac{b_3 + b_4}{n} \right) \widetilde{C}_s + \left(\frac{b_5 + b_6}{n} \right) \widetilde{C}_s^2, \quad (2.7)$$

где $a_1, \dots, a_6$ и $b_1, \dots, b_6$ – коэффициенты, определяемые по специальным таблицам; $\widetilde{C}_v$ и $\widetilde{C}_s$ – смещённые оценки коэффициентов вариации и асимметрии, рассчитываемые по формулам, соответственно:

$$\widetilde{C}_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n - 1}}, \quad (2.8)$$

$$\widetilde{C}_s = \frac{n \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{n - 1}}{\widetilde{C}_v^3 (n - 1)(n - 2)}, \quad (2.9)$$

При $C_v < 0,6$ и $C_s < 1$ допускается использовать формулы (2.8) и (2.9) без учёта поправок на смещение.

Случайные средние квадратические погрешности выборочных средних рассчитываются по формуле:

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{\sigma_Q}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1+r}{1-r}}, \quad (2.10)$$

которая используется в случае, если коэффициент автокорреляции между соседними членами ряда r меньше 0,5. Во всех остальных случаях используется формула:

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{\sigma_Q}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\left(1 + \frac{2r}{n(1-r)}\right) \left(n - \frac{1-r^n}{1-r}\right)}{\left(1 + \frac{2r}{n(n-1)(1-r)}\right) \left(n - \frac{1-r^n}{1-r}\right)}}. \quad (2.11)$$

Случайные средние квадратические ошибки коэффициентов вариации при $C_s = 2C_v$ рассчитываются зависимости:

$$\sigma_{C_v} = \frac{C_v}{n + 4C_v^2} \sqrt{\frac{n(1 + C_v^2)}{2}} \left(1 + \frac{3C_v r^2}{1 + r}\right). \quad (2.12)$$

Целью расчётов является определение надёжной климатической нормы по ряду, а также расчётных климатических характеристик редкой повторяемости 1 раз в 100 и 200 лет. В работе, как уже было сказано выше, для расчёта климатических характеристик был использован Программный комплекс «Гидрорасчеты». Все полученные значения были получены с применением распределение Крицкого-Менкеля и метода наименьших квадратов для расчёта параметров распределения.

Для низких значений повторяемости 1 раз в 100 лет будет соответствовать квантиль распределения обеспеченности 99%, а для повторяемости 1 раз в 200 лет – квантиль обеспеченности 99,5%. Для высоких значений повторяемости 1 раз в 100 лет будет соответствовать квантиль распределения обеспеченности 1%, а для повторяемости 1 раз в 200 лет – квантиль обеспеченности 0,5%.

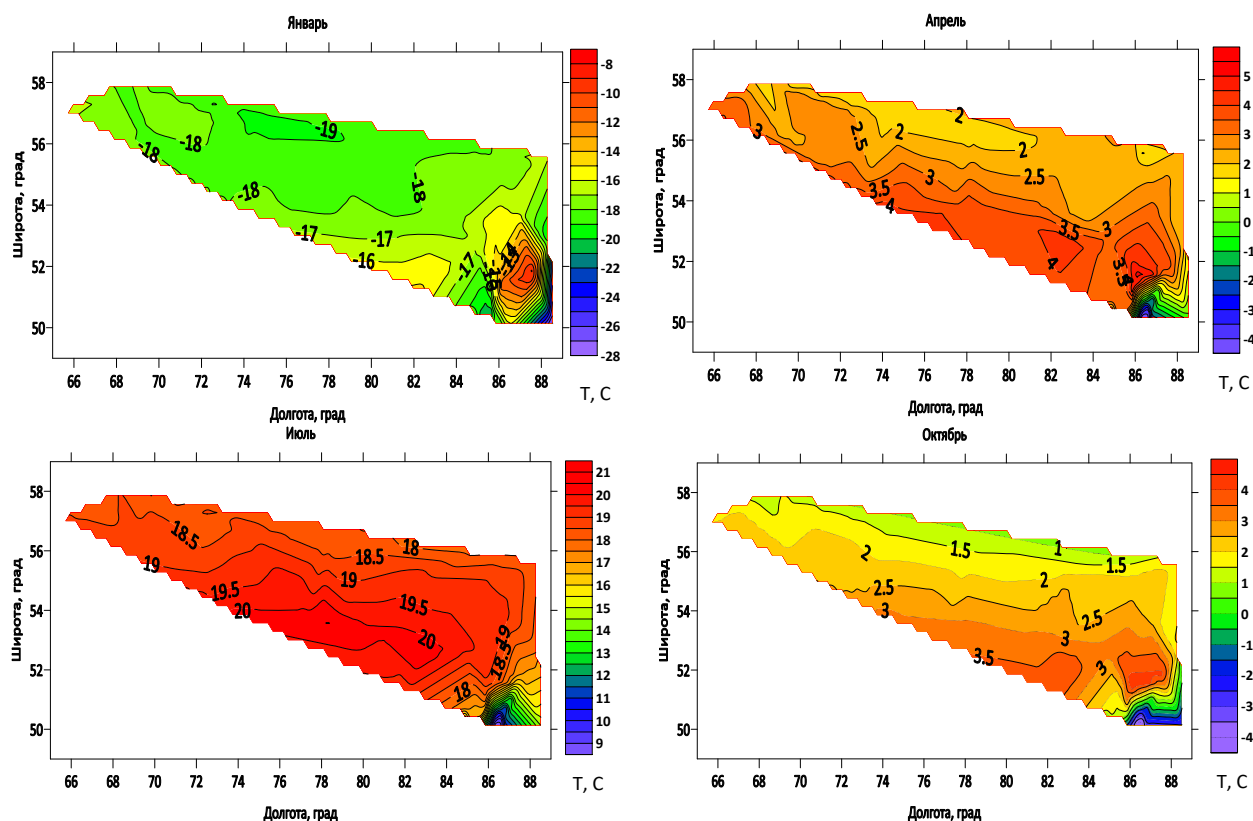


Рисунок 2.1. Пространственная модель средних многолетних значений температур воздуха на юге Западной Сибири

Из рис.2.1 можно сделать вывод, что наблюдается тенденция понижения значений температуры воздуха с юга-востока на северо-запад территории. В январе температуры варьируются в пределах от $-8,5$ до $-29,1^{\circ}\text{C}$, в апреле от $-6,1^{\circ}\text{C}$ до $5,6^{\circ}\text{C}$, в июле от $7,1^{\circ}\text{C}$ до $20,6^{\circ}\text{C}$, в октябре от $-5,8^{\circ}\text{C}$ до $4,7^{\circ}\text{C}$. Средняя многолетняя норма для января $-17,5^{\circ}\text{C}$, апреля и октября $2-2,5^{\circ}\text{C}$, июля $+18,3^{\circ}\text{C}$.

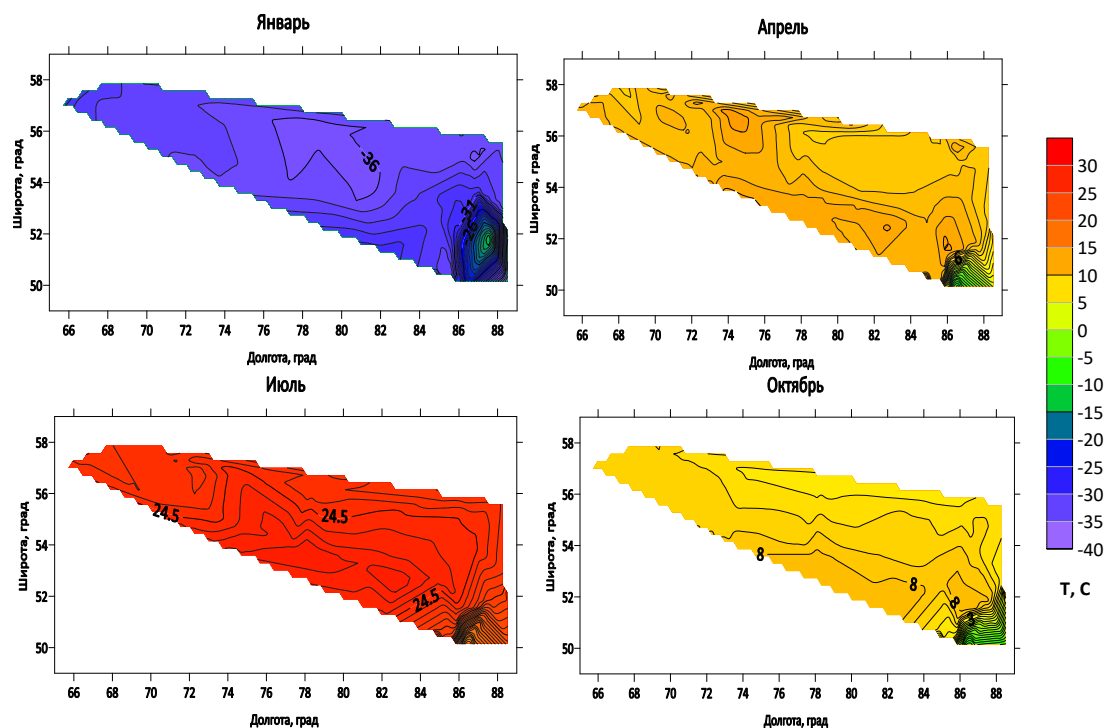


Рисунок 2.2. Пространственная модель значений температуры воздуха повторяемостью 1 раз в 100 лет на территории юга Западной

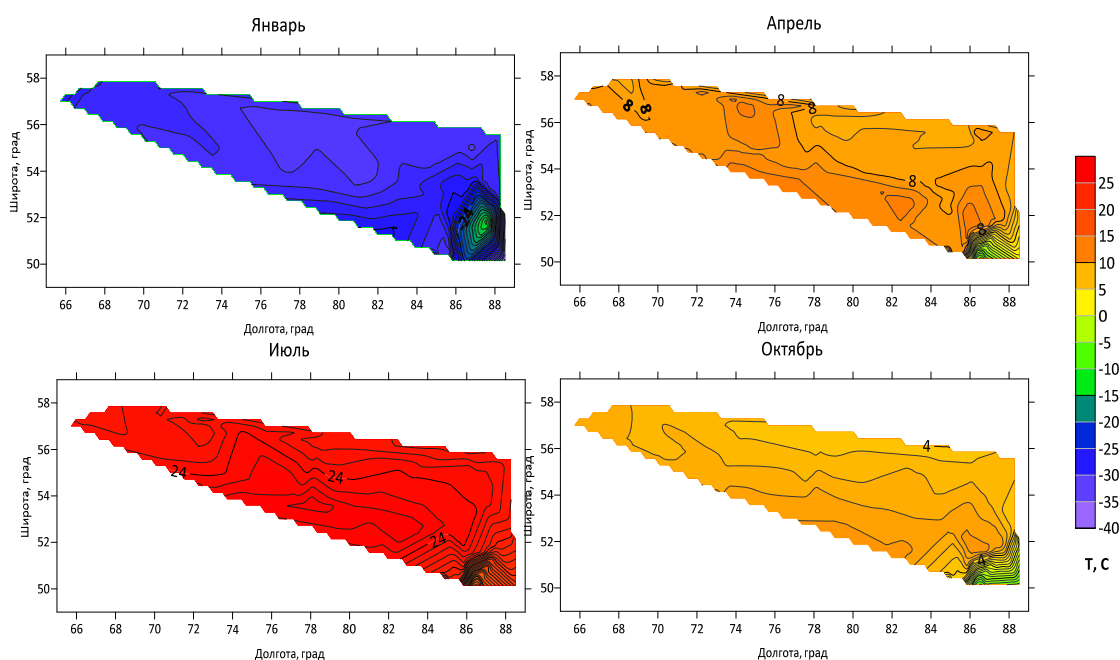


Рисунок 2.3. Пространственная модель значений температуры воздуха повторяемостью 1 раз в 200 лет на территории юга Западной

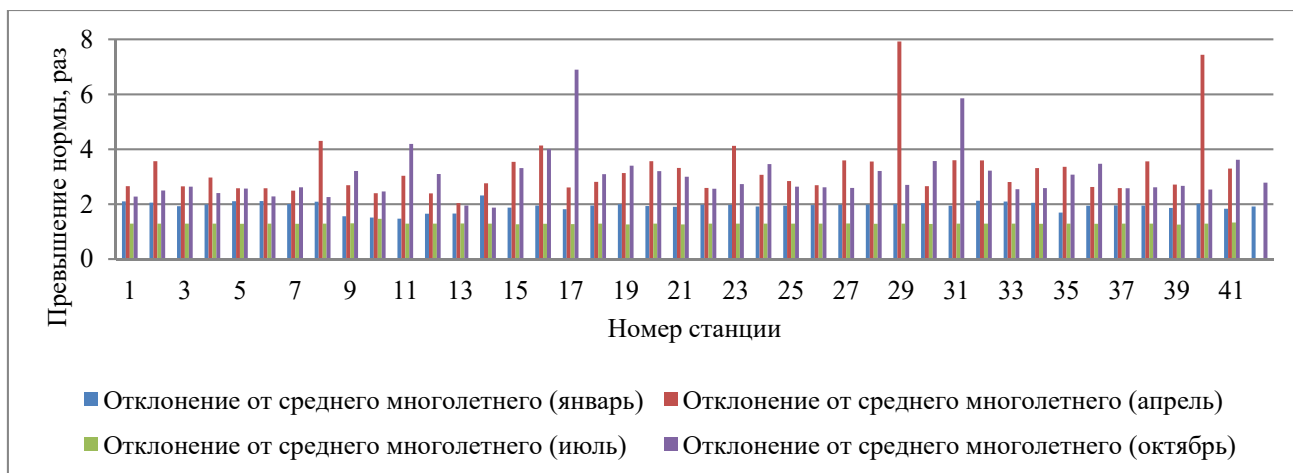


Рисунок 2.4. Сводная гистограмма превышений значений редкой повторяемости от среднего многолетнего на юге Западной Сибири (температура воздуха)

Из рис.2.2-2.3 можно сделать вывод, что для января повторяемость 1 раз в 100 лет значений изменяется от $-13,1^{\circ}\text{C}$ до $-42,9^{\circ}\text{C}$, 1 раз в 200 лет от $-21,7^{\circ}\text{C}$ до $-4,6^{\circ}\text{C}$; для апреля повторяемость 1 раз в 100 лет изменяется в пределах от $-14,4^{\circ}\text{C}$ до $10,9^{\circ}\text{C}$, повторяемость 1 раз в 200 лет изменяется от $-16,4^{\circ}\text{C}$ до $11,9^{\circ}\text{C}$; для июля повторяемость 1 раз в 100 лет изменяется от $10,4^{\circ}\text{C}$ до $26,6^{\circ}\text{C}$, повторяемость 1 раз в 200 лет изменяется от $10,1^{\circ}\text{C}$ до $25,8^{\circ}\text{C}$; для октября повторяемость 1 раз в 100 лет изменяется от $-14,3^{\circ}\text{C}$ до $8,9^{\circ}\text{C}$, повторяемость 1 раз в 200 лет изменяется от $-12,7^{\circ}\text{C}$ до $8,5^{\circ}\text{C}$. При этом отмечается, что события редкой повторяемости 100 и 200 лет имеют схожий характер пространственного распределения, а из рис. 2.4 можно сделать увидеть, что в январе отклонение от климатической нормы примерно в 2 раза, в апреле варьируется от 2,5 до 3,5 раз и на станциях Барзас и Тара превышают в 8 и 7 раз, соответственно, в июле отклонения минимальны и находятся около средней климатической нормы, в октябре отклонение от среднего многолетнего значения в 2-3,5 раза, на станциях Тобольск и Тайга в 7 и 6 раз, соответственно.

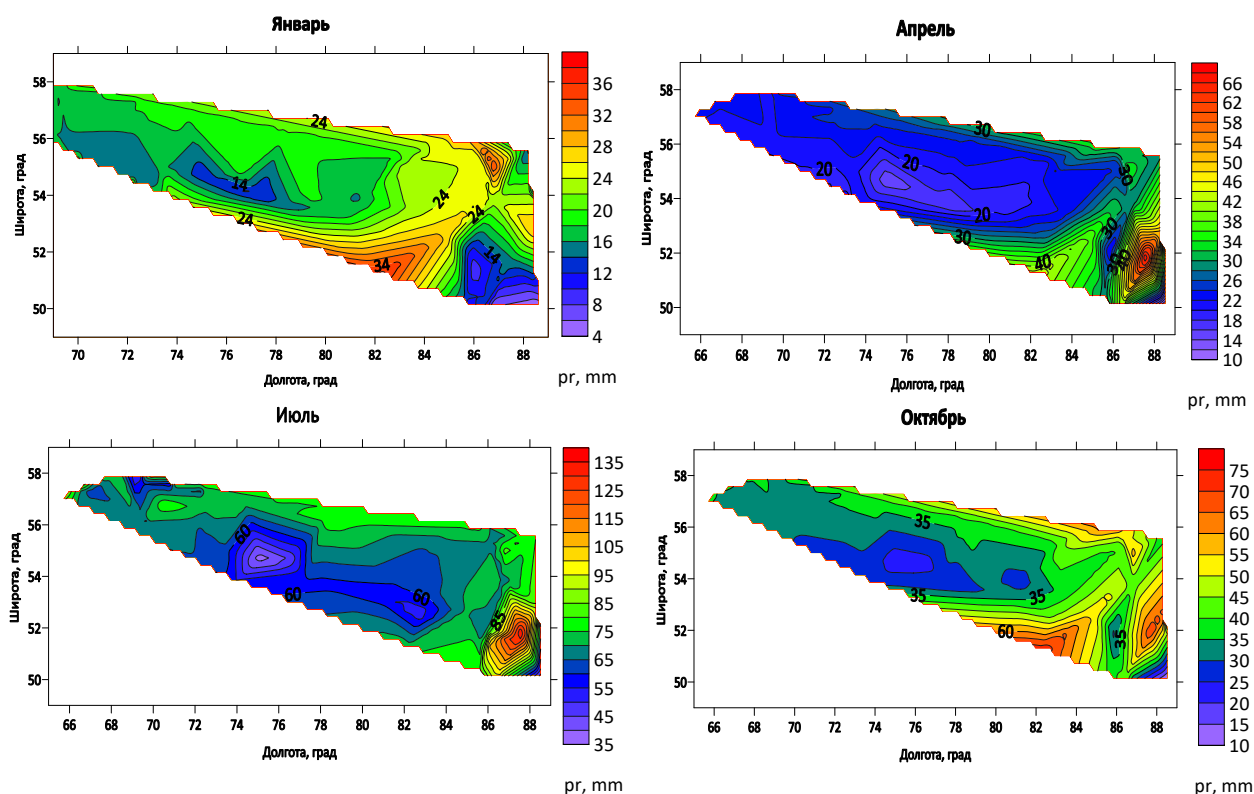


Рисунок 2.5. Пространственная модель средних многолетних осадков на юге Западной Сибири

Из рис.2.5 делаем вывод, что средние многолетние значения сумм осадков в январе колеблются от 3,5 мм на станции Кош-Агач до 37,1 мм на станции Змеиногорск. При этом в среднем многолетняя норма осадков по территории около 20 мм. В апреле значения колеблются от 4,4 мм на станции Кош-Агач до 69,8 мм на станции Яйлю. В среднем многолетняя норма осадков по территории 28 мм. В июле колеблются от 33,3 мм на станции Кош-Агач до 137,3 мм на станции Яйлю. В среднем многолетняя норма осадков по территории около 70 мм. В октябре значения осадков колеблются от 4 мм на станции Кош-Агач до 75,8 мм на станции Змеиногорск. В среднем многолетняя норма осадков по территории 37 мм.

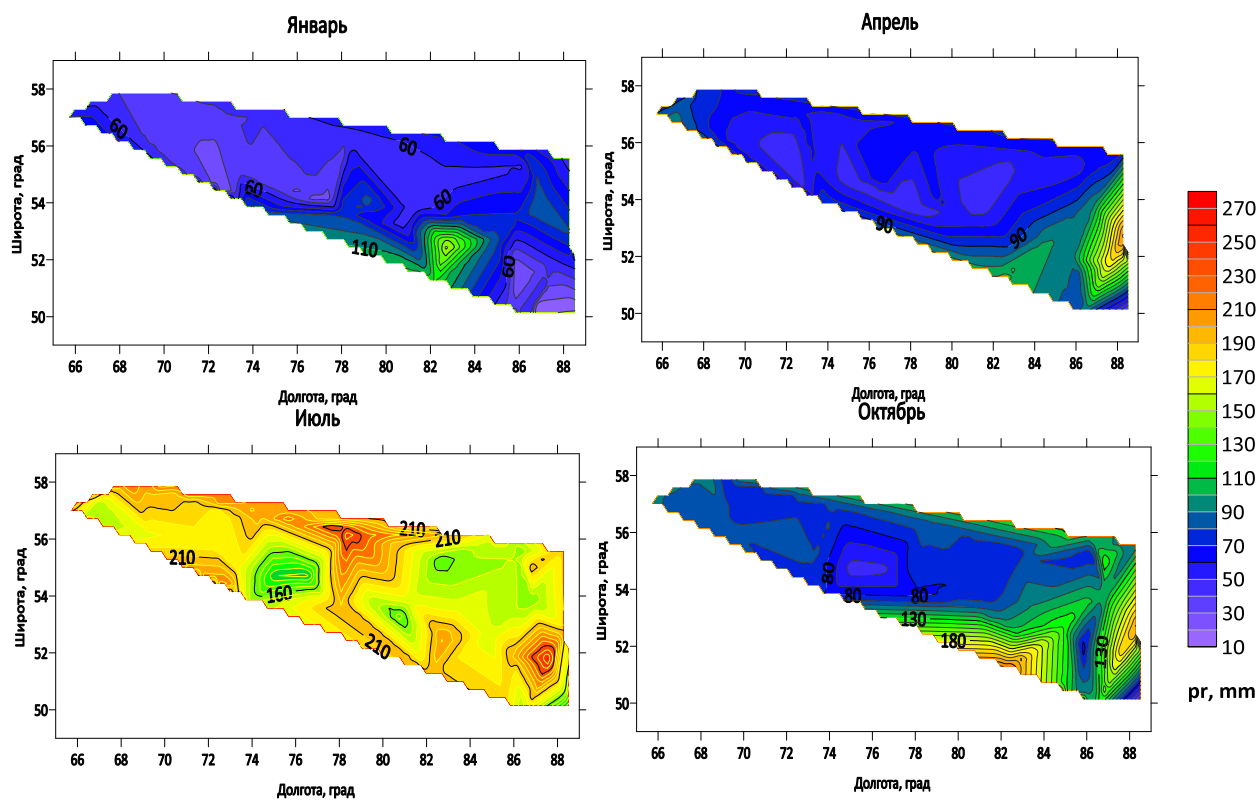


Рисунок 2.6. Пространственная модель осадков повторяемостью 1 раз в 100 лет на территории юга Западной

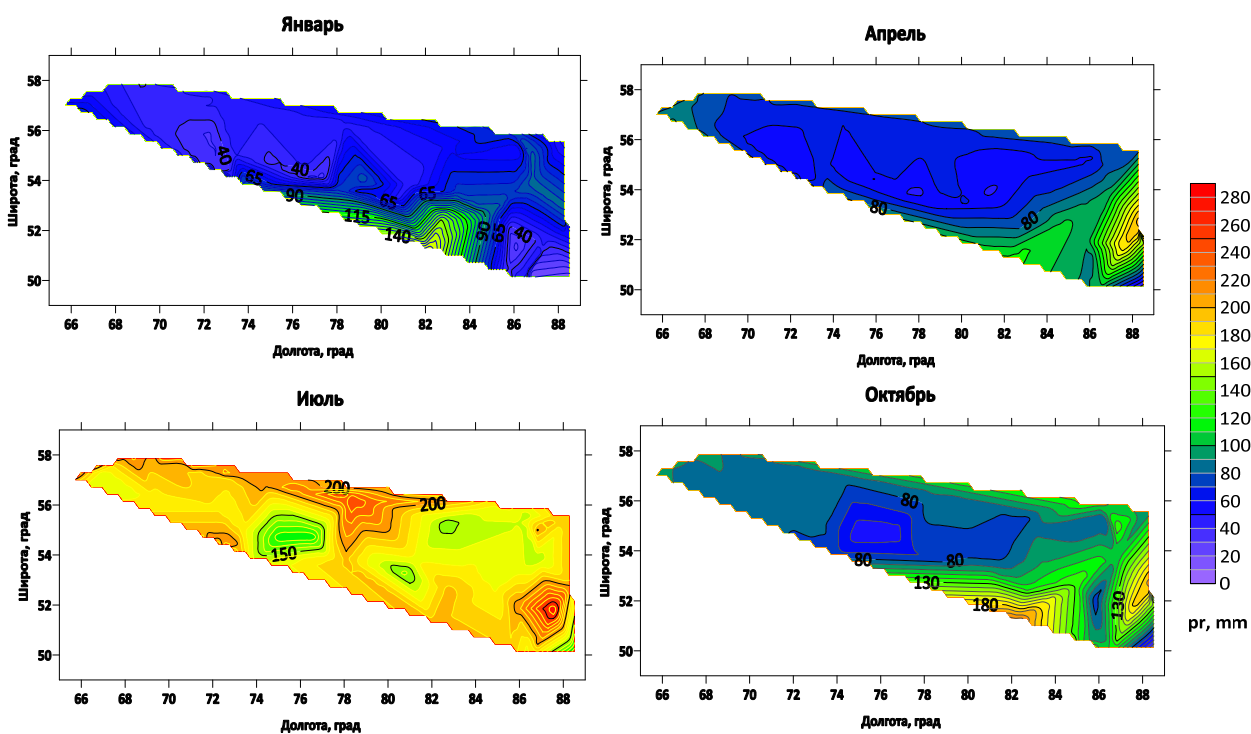


Рисунок 2.7. Пространственная модель осадков повторяемостью 1 раз в 200 лет на территории юга Западной

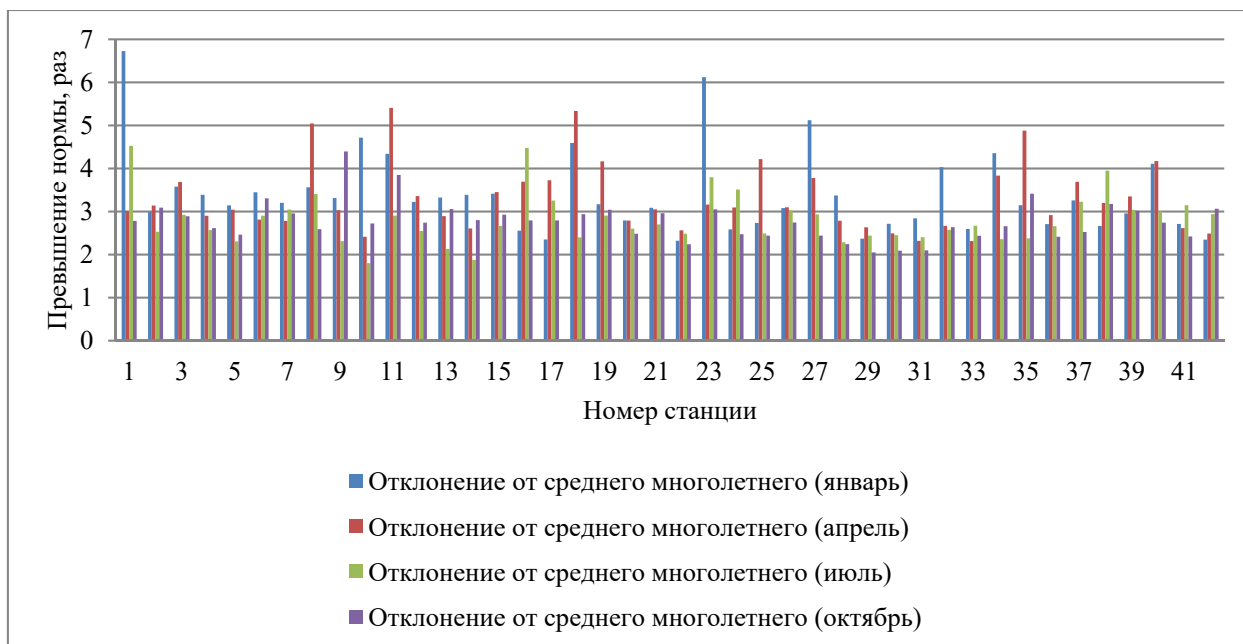


Рисунок 2.8. Сводная гистограмма превышений значений редкой повторяемости от среднего многолетнего на юге Западной Сибири (осадки)

Из рис.2.6-2.7 можно сделать вывод, что распространение осадков имеет тенденцию уменьшения на запад территории, за счёт наличия горных объектов на востоке и равнин на западе. В январе повторяемость осадков 1 раз в 100 лет изменяется в пределах 15,2 мм на станции Кош-Агач до 177,1 мм на станции Алейск, 1 раз в 200 лет – в пределах от 13,9 мм на станции Кош-Агач до 166 мм на станции Змеиногорск; в апреле повторяемость 1 раз в 100 лет изменяется в пределах 23,8 мм на станции Кош-Агач до 242,6 мм на станции Усть-Кабырза, 1 раз в 200 лет – в пределах от 20,9 мм на станции Кош-Агач до 200,9 мм на станции Усть-Кабырза; в июле повторяемость осадков 1 раз в 100 лет изменяется в пределах 96,8 мм на станции Кош-Агач до 293 мм на станции Яйлю, 1 раз в 200 лет – в пределах от 86,7 мм на станции Кош-Агач до 271,9 мм на станции Яйлю; в октябре повторяемость осадков 1 раз в 100 лет изменяется в пределах 15,4 мм на станции Кош-Агач до 250,9 мм на станции Змеиногорск, 1 раз в 200 лет – в пределах от 14,5 мм на станции Кош-Агач до 221,6 мм на станции Змеиногорск. При этом из

рис.2.8 следует, что превышение значений редкой повторяемости во все месяцы в среднем 3 раза.

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА СООБРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

3.1. Расчёт параметров основных моделей временных рядов

Любой физический процесс подвержен изменению или колебаниям. При этом масштаб этих колебаний может быть от 1 секунды (например, направление и скорость ветра) до тысяч и сотен тысяч лет (изменения в параметрах Земной орбиты).

Структура временного ряда может быть представлена в виде стационарной или не стационарной модели. Стационарная модель временного ряда характеризуется отсутствием изменений в средних значениях и дисперсиях. Считается, что любые климатические изменения имеют 30-летний квазистационарный период, который определяет значения климатической нормы.

$$Sr(t) = const, \quad \sigma(t) = const, \quad (3.1)$$

где Sr – среднее значение временного ряда; σ – среднее квадратическое отклонение временного ряда.

Любые изменения есть отклик физических процессов на воздействие внешних факторов. Не стационарные модели существуют трёх видов:

1. монотонные изменения (линейный тренд);
2. циклические колебания;
3. ступенчатые переходы из одного стационарного состояния в другое.

Монотонные изменения, линейные или циклические, относятся к равновесной системе, которая моментально реагирует на любые внешние воздействия. Ступенчатые, или триггерные, изменения происходят в не равновесной системе, которая может самостоятельно «гасить» внешние воздействия или сопротивляться им до тех пор, пока их суммарное влияние не переведёт систему в целом на новый уровень. Так, любой стационарный ряд может быть как равновесной, так и не равновесной системой. При этом в первом случае – это проявление внешних случайных факторов, а во втором – период инерционного существования системы, в который она сопротивляется влиянию внешних факторов.

Модель линейного тренда выражается формулой:

$$Y(t) = b_1 t + b_0, \quad (3.2)$$

где b_1 и b_0 – коэффициенты уравнения регрессии, рассчитанные методом наименьших квадратов по формулам:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(t_i - \bar{t})}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}, \quad (3.3)$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{t}, \quad (3.4)$$

где $\bar{Y}$ – среднее значение для ряда климатической характеристики; $\bar{t}$ – среднее значение для временного ряда.

Статистическая значимость при этом оценивается по статистической значимости коэффициента корреляции R выражения (3.2):

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(t_i - \bar{t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}, \quad (3.5)$$

Расчётное значение коэффициента корреляции должно быть больше критического при заданном числе степеней свободы ν и уровне значимости α , где $\nu = n - 2$, n – объём ряда, $\alpha=5\%$.

Модель ступенчатых изменений включает в себя две и более стационарных модели:

$$Sr_1(t_1) = const_1, \quad \sigma_1(t_1) = const_1, \quad (3.6)$$

$$Sr_2(t_2) = const_2, \quad \sigma_2(t_2) = const_2, \quad (3.7)$$

где Sr_1 – среднее значение, σ_1 – среднее квадратическое отклонение на участке временного ряда t_1 от 1 до t_n ; Sr_2 – среднее значение, σ_2 – среднее квадратическое отклонение на участке временного ряда t_2 от $t_n + 1$ до n ; n – объём ряда.

Момент ступенчатых изменений t_n определяется, как дата нарушения стационарности частей временного ряда, или при достижении минимального значения суммы квадратов отклонений двух частей временного ряда:

$$\sigma_1^2(n_1 - 1) + \sigma_2^2(n_2 - 1) = \min, \quad (3.8)$$

где n_1 и n_2 – объёмы частей временного ряда.

При этом существует необходимость выбора наиболее эффективной модели временного ряда. Этот выбор осуществляется на основе сравнения остаточных дисперсий или стандартных отклонений.

Для модели линейного тренда разница между наблюдаемыми значениями и модельными расчётами представляется в виде:

$$\sigma_\varepsilon = \sigma_Y \sqrt{1 - R^2}, \quad (3.9)$$

где σ_Y – стандартное отклонение исходного ряда; σ_ε – стандартное отклонение остатков относительно модели; R – коэффициента корреляции уравнения линейного тренда.

Для модели ступенчатых изменений на двух участках временного ряда:

$$\sigma_{\text{ступ}} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2 n_1 + \sigma_2^2 n_2}{n_1 + n_2 - 1}}. \quad (3.10)$$

Для модели ступенчатых изменений на трёх участках временного ряда:

$$\sigma_{\text{ступ}} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2 n_1 + \sigma_2^2 n_2 + \sigma_3^2 n_3}{n_1 + n_2 + n_3 - 1}}. \quad (3.11)$$

где $\sigma_{\text{ступ}}$ – стандартное отклонение остатков относительно модели ступенчатых изменений; $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – стандартные отклонение отрезков временного ряда; n_1, n_2, n_3 – объёмы отрезков временного ряда.

Для количественной оценки отличий модели тренда или модели ступенчатых изменений от модели стационарного среднего необходимо рассчитать относительные погрешности:

$$\Delta_{\text{тр}} = \left(\frac{\sigma_Y - \sigma_\varepsilon}{\sigma_Y} \right) * 100\%, \quad (3.12)$$

$$\Delta_{\text{ступ}} = \left(\frac{\sigma_Y - \sigma_{\text{ступ}}}{\sigma_Y} \right) * 100\%, \quad (3.13)$$

где $\Delta_{\text{тр}}$ и $\Delta_{\text{ступ}}$ – относительные погрешности в % модели линейного тренда и модели ступенчатых изменений.

Для оценки статистической значимости линейных или ступенчатых изменений используется критерий Фишера, который можно вычислить по формулам:

$$F_{\text{тр}} = \frac{\sigma_Y^2}{\sigma_\varepsilon^2}, \quad (3.13)$$

$$F_{\text{ступ}} = \frac{\sigma_Y^2}{\sigma_{\text{ступ}}^2}, \quad (3.14)$$

Если расчётное значение критерия Фишера больше критического, то дисперсии двух моделей имеют статистически значимое различие и выбранная модель (линейная или ступенчатых изменений) статистически эффективнее, чем модель стационарной выборки.

3.2. Пространственное обобщение полученных параметров нестационарных моделей.

Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температуры воздуха и сумм осадков для января, апреля, июля, октября приведены в Приложении 3 и Приложении 4.

График нестационарного временного ряда температуры воздуха на станции Кош-Агач приведён на Рис.3.2.

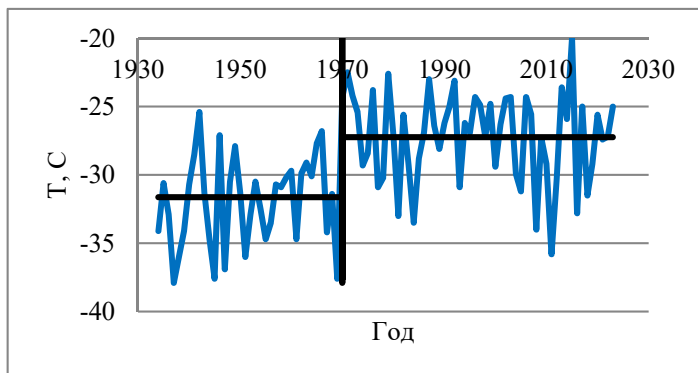


Рисунок 3.2. Пример нестационарного временного ряда температуры воздуха января на станции Кош-Агач

Исходя из расчётов, год ступенчатых изменений – 1970. На графике 4.3 видно, что средняя температура воздуха увеличилась после Тст. В первой половине временного ряда $T_{ср} = -31,7^{\circ}\text{C}$, во второй половине $T_{ср} = -27,2^{\circ}\text{C}$.

Для всего временного ряда температуры воздуха апреля выявлены 36 статистически значимых не стационарных моделей (при $R_{тр} = 0,42$ в среднем), из которых 23 случая модели ступенчатых изменений, в среднем показатель эффективности $\Delta_{ступ} = 11,9\%$, 20 случаев эффективности модели линейного тренда, в среднем показатель эффективности $\Delta_{тр} = 12,0\%$. Для временного ряда с началом с 1960г. выявлено 23 случая эффективности модели ступенчатых изменений, $\Delta_{ступ} = 12,3\%$. При этом дата наступления ступенчатых изменений в большинстве случаев – 2007 год.

Примеры нестационарных временных рядов температуры воздуха апреля приведены на Рис.3.3

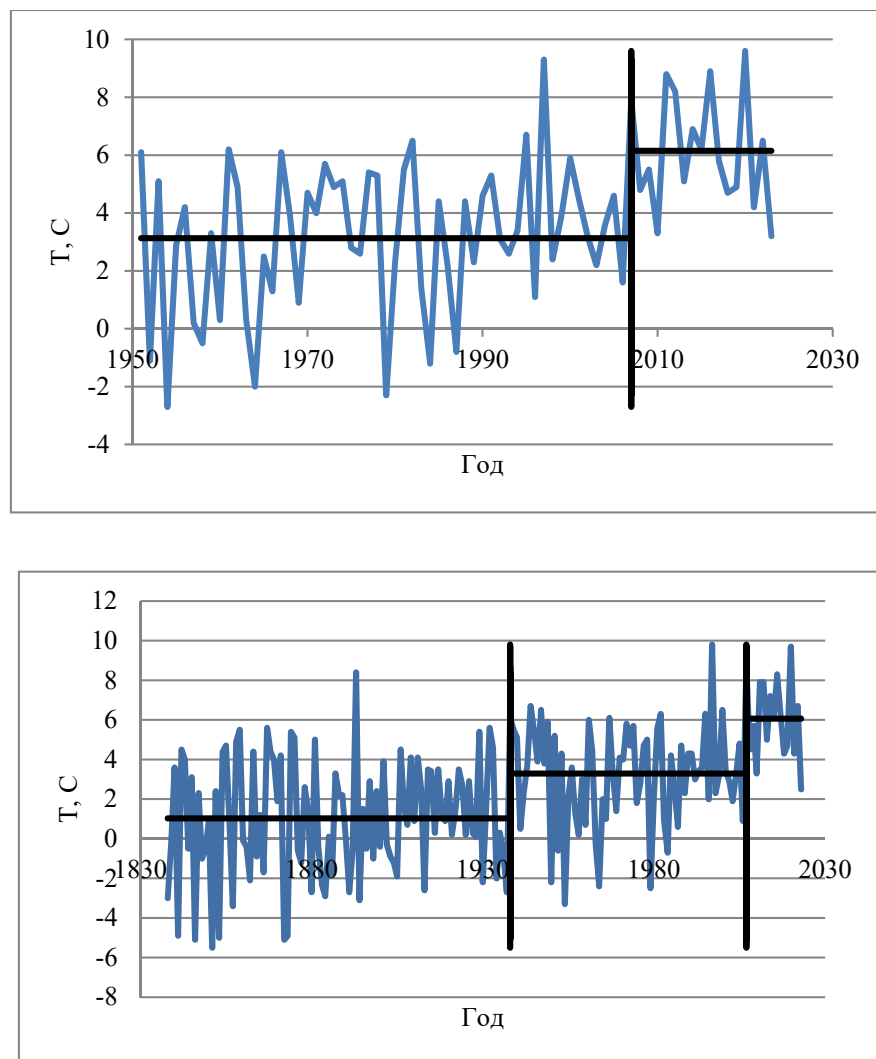


Рисунок 3.3. Примеры нестационарных рядов температуры воздуха апреля (сверху – станция Баево, снизу – станция Барнаул)

На станции Баево и для всего временного ряда, и для ряда с 1960 г. наблюдается один год ступенчатых изменений – 2007. Средняя температура воздуха до года ступенчатых изменений 3,1 °С, после – 6,1 °С. Для станции Барнаул можно определить две даты ступенчатых изменений – 1938 и 2007 гг. Средняя температура воздуха до 1938 г. 1,0 °С, с 1938 до 2007 г. 3,3 °С, после 2007 г. 6,1 °С.

Для всего временного ряда температуры воздуха июля получены 9 статистически значимых не стационарных моделей (при $R_{тр} = 0,37$ в среднем), выявлены 4 случая эффективности не стационарных моделей, в

среднем показатель эффективности $\Delta_{\text{ступ}} = 16,8\%$, и 2 случая эффективности модели линейного тренда, в среднем $\Delta_{\text{тр}} = 14,6\%$. При расчётах с заданием общего начала временного ряда 1960 г. эффективность моделей линейного тренда выявлена в 2 случаях в среднем $\Delta_{\text{тр}} = 15,3\%$, в 2 случаях при $\Delta_{\text{ступ}} = 19,4\%$.

Примеры нестационарных рядов температуры воздуха июля приведены на рис.3.4.

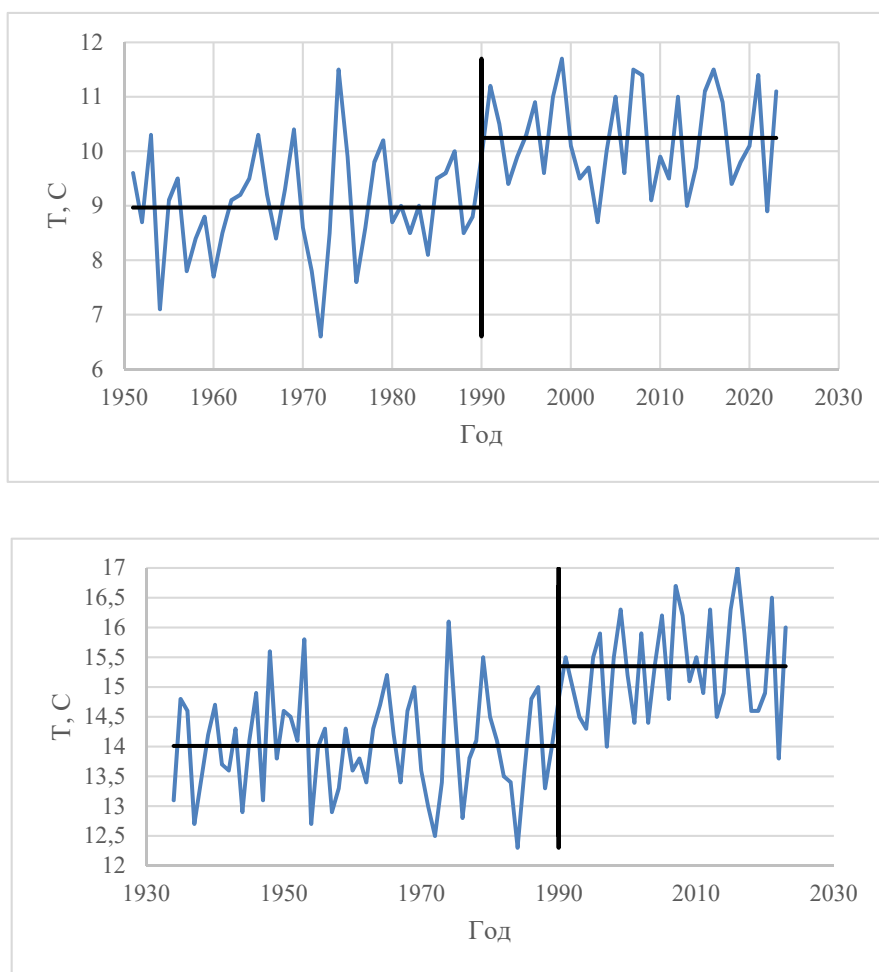


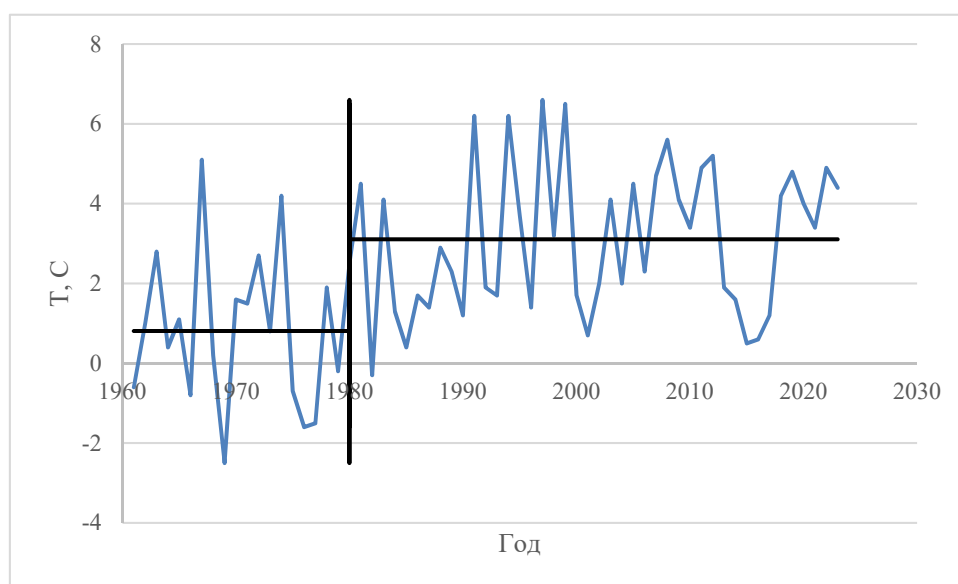
Рисунок 3.4. Примеры нестационарных рядов температуры воздуха июля (сверху – станция Ак-Кемь, снизу – станция Кош-Агач)

На станции Ак-Кемь год ступенчатого перехода 1990 г., средняя температура воздуха до $T_{\text{ст}} 8,9$ °C, после – 10,2 °C. На станции Кош-Агач

средняя температура воздуха до года ступенчатого перехода $14,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, после (1990 г.) – $15,3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для всего временно ряда температуры воздуха октября получено 27 статистически значимых не стационарных моделей (при $R_{\text{тр}} = 0,36$ в среднем), 6 случаев эффективности модели ступенчатых изменений, средняя эффективность модели $\Delta_{\text{тр}} = 11,6\%$, эффективных моделей линейного тренда не обнаружено.

При расчётах с заданием общего начала временного ряда 1960 г. эффективность модели ступенчатых изменений выявлена в 31 случае при средней $\Delta_{\text{ступ}} = 12,1\%$, 19 случаев для модели линейного тренда при средней $\Delta_{\text{тр}} = 11,2\%$. дата наступление ступенчатых изменений меняется от 1977 до 1991 гг., при этом стоит заметить, что статистически значимых моделей оказалось 42, т.е. для каждой станции. Примеры не стационарных рядов температуры воздуха октября представлены на Рис.3.5.



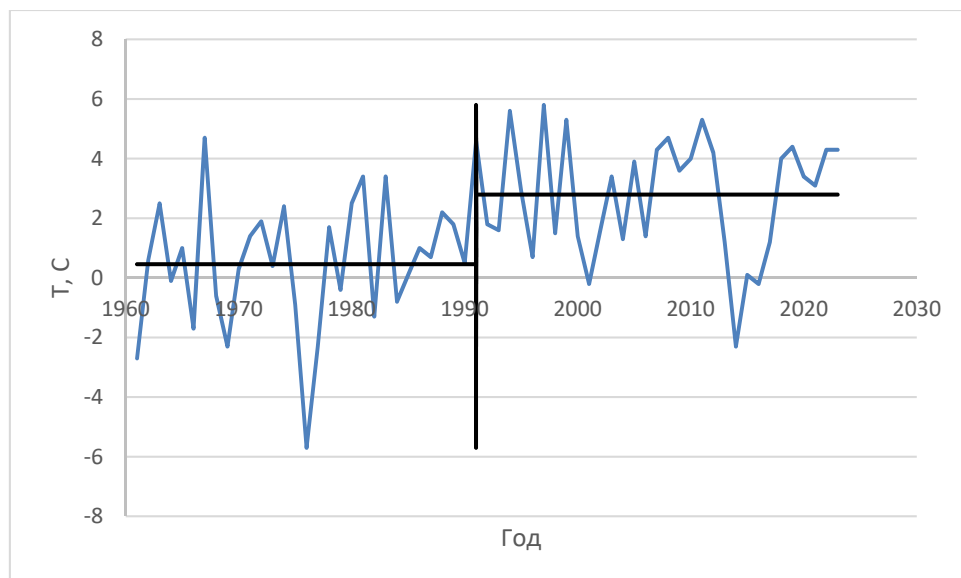


Рисунок 3.5. Примеры нестационарных рядов температуры воздуха октября (сверху – станция Тюмень, снизу – станция Вагай)

На станции Тюмень год ступенчатого перехода 1980 г., средняя температура первой половины ряда 0,8 °С, второй половины временного ряда 3,1 °С. На станции Вагай год перехода 1991 г., средняя температура воздуха первой половины ряда 0,5 °С, второй половины 2,8 °С.

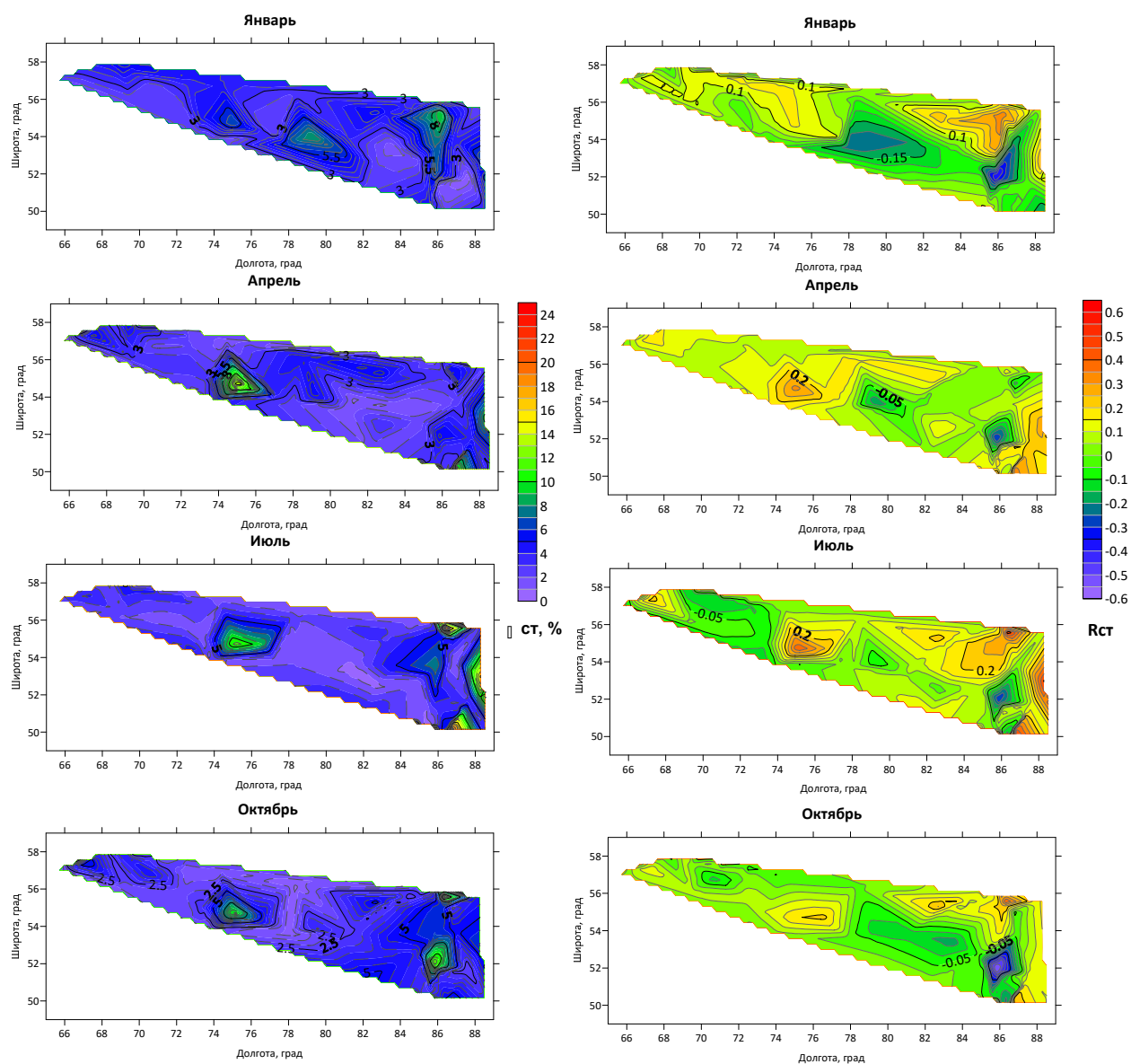


Рисунок 3.6. Пространственное распределение показателей нестационарных моделей для временного ряда осадков с началом с 1960 г.

(справа $\Delta_{\text{ступ}}$, %, слева $R_{\text{тр}}$)

Для всего временного ряда осадков января получено 9 статистически значимых не стационарных моделей (при $R_{\text{тр}} = 0,37$ в среднем), эффективность не стационарных моделей выявлена в 6 случая для моделей ступенчатых изменений при среднем $\Delta_{\text{ступ}} = 11,2\%$, в 2 случаях для модели линейного тренда при среднем $\Delta_{\text{тр}} = 12\%$. Примеры нестационарных временных рядов осадков января на территорию юга Западной Сибири приведены на Рис 3.7.

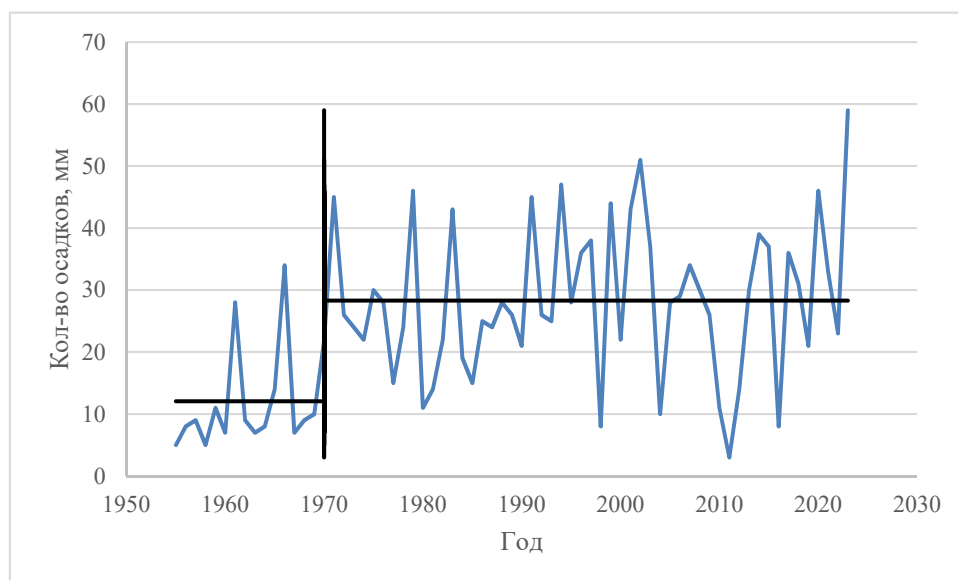
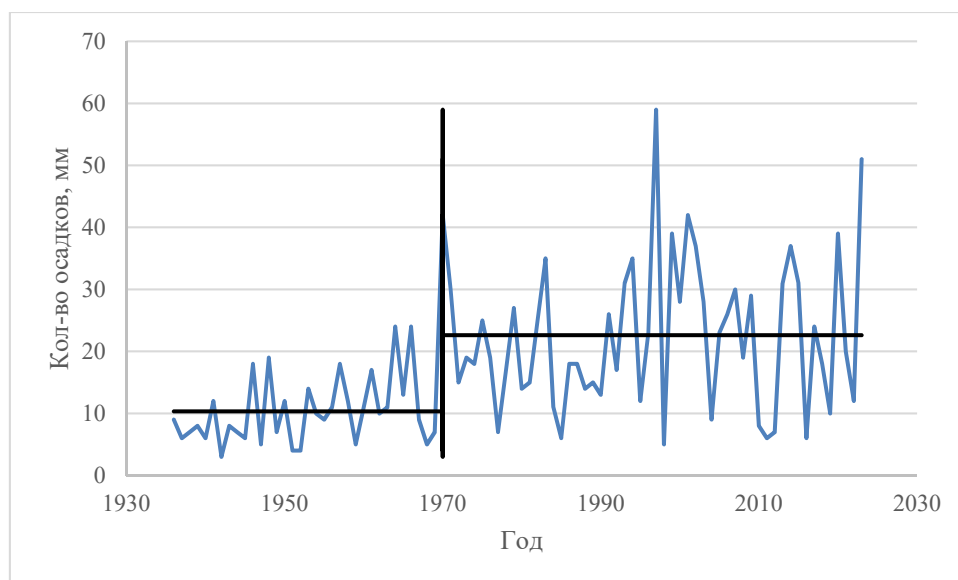


Рисунок 3.7. Примеры нестационарных рядов осадков января (сверху – станция Колывань, снизу – станция Кемерово)

На станции Колывань для всего временного ряда год ступенчатого перехода 1970, средняя сумма осадков для первой половины ряда 10,3 мм, для второй половины 10,6 мм. Для станции Кемерово для всего временного ряда год ступенчатого перехода 1970, средняя сумма осадков для первой половины ряда 12,1 мм, второй половины ряда 22,6 мм.

Для всего временного ряда осадков апреля получено 5 статистически значимых не стационарных моделей (при $R_{тр} = 0,32$ в среднем),

эффективность не стационарных моделей выявлена в 2 случая для моделей ступенчатых изменений при среднем $\Delta_{\text{ступ}} = 12,9\%$, эффективных моделей линейного тренда не обнаружено. При расчётах с заданием общего начала временного ряда 1960 г. было выявлено по 2 случая эффективности моделей ступенчатых изменений ($\Delta_{\text{ступ}} = 12,9\%$). Пример нестационарного временного ряда осадков апреля (с началом ряда с 2000 г.) на территории юга Западной Сибири приведены на Рис.3.8.

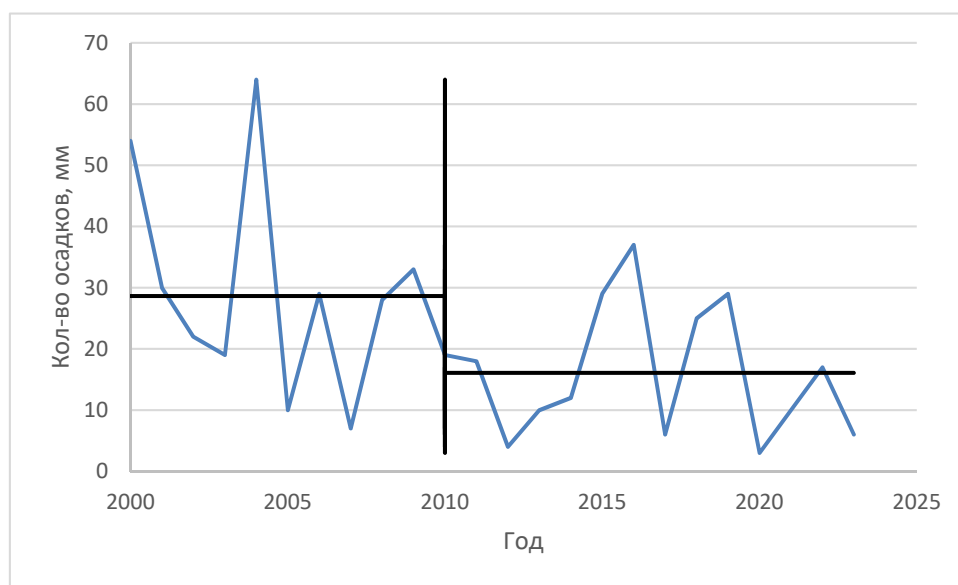


Рисунок 3.8. Пример нестационарного ряда осадков апреля на станции Бaeво

Поскольку период ступенчатых изменений удалось рассчитать только для отрезка временного ряда с началом 2000 г., год ступенчатого перехода установлен 2010. Количество осадков в период с 2000 до 2010 гг. 28,6 мм, после 2010 года 16,1 мм.

Для всего временного ряда осадков июля получено 4 статистически значимых не стационарных моделей (при $R_{\text{тр}} = 0,5$ в среднем), эффективность модели ступенчатых изменений наблюдается в 4 случаях при $\Delta_{\text{ступ}} = 19\%$ в среднем, в 3 случаях при $\Delta_{\text{тр}} = 15,3\%$ в среднем. Расчёты с заданием общего начала временного ряда 1960 г. показали эффективность в 3

случаях при $\Delta_{тр} = 15,3\%$, 4 случая моделей ступенчатых изменений ($\Delta_{ступ} = 19\%$)

Пример нестационарного временного ряда осадков июля приведён на рис.3.9, из которого следует, что дата ступенчатого перехода – 1987 год, средняя сумма осадков первой половины 29,6 мм, второй половины 72,3 мм.

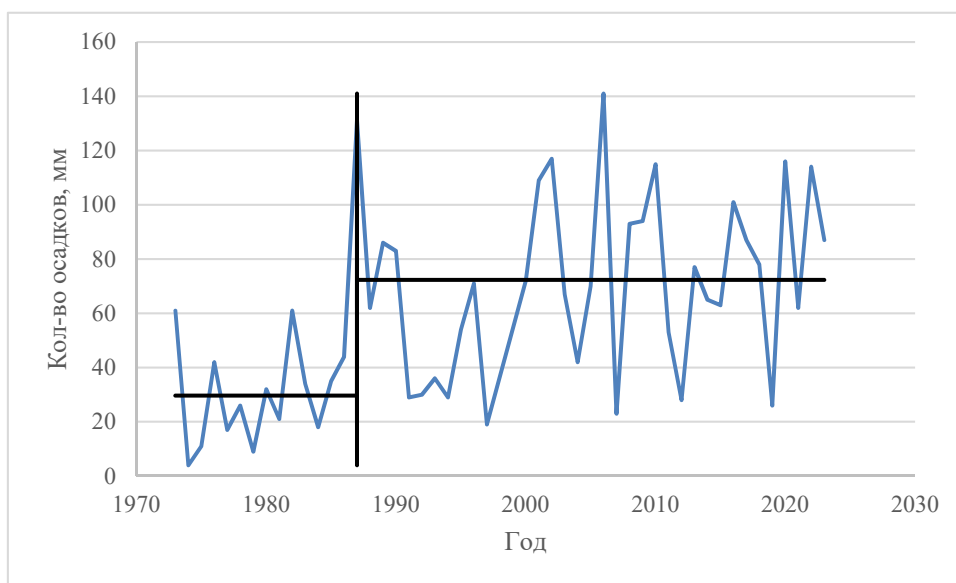


Рисунок 3.9. Пример нестационарного временного ряда осадков июля на станции Барзас

Для всего временного ряда осадков октября получено 2 статистически значимых не стационарных моделей (при $R_{тр} = 0,42$ в среднем), было выявлено 3 случая эффективности модели ступенчатых изменений (при $\Delta_{ступ} = 11,3\%$ в среднем), 1 случай эффективности модели линейного тренда на станции Барзас $\Delta_{тр} = 13,1\%$. Для расчётов с заданием общего временного ряда 1960г. было выявлено 3 случая эффективности модели ступенчатых изменений при среднем $\Delta_{ступ} = 12,0\%$, в 2 случаях модель линейного тренда при $\Delta_{тр} = 17,1\%$. Пример нестационарного временного ряда осадков октября приведён на рис.3.10.

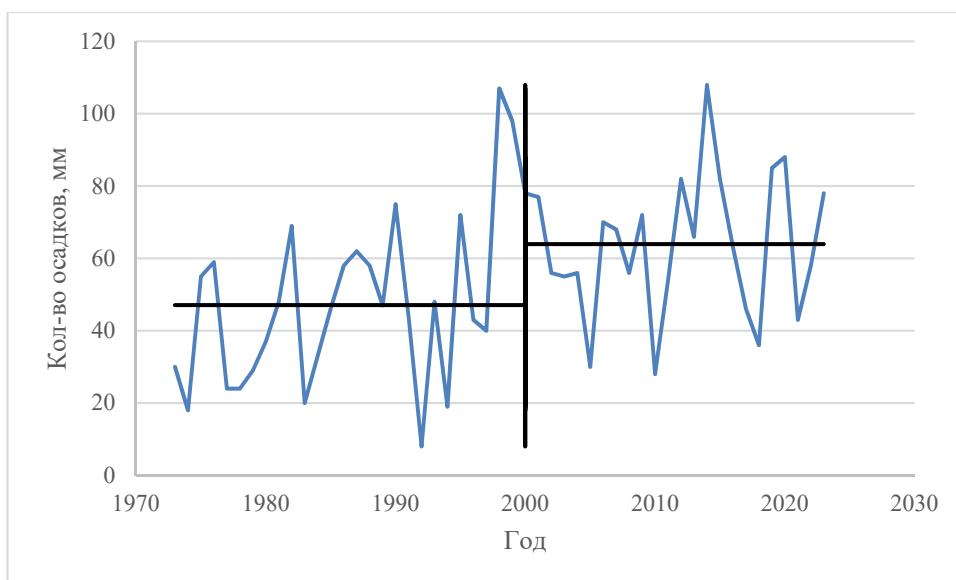


Рисунок 3.10. Пример нестационарного временного ряда осадков октября на станции Барзас

Расчётами установлено, что дата ступенчатого перехода для временного ряда осадков октября на станции Барзас является 2000 г., средняя сумма осадков первой половины ряда 47,1 мм, второй половины ряда 64 мм.

Для определения значений естественной изменчивости климатических характеристик были рассчитаны средние значения температуры воздуха и сумм осадков, дисперсия временных рядов и СКО на станциях территории юга Западной Сибири для января, апреля, июля, октября. Причём, все ряды были взяты с общим началом с 1960 г., а год ступенчатых изменений (условно) был определён 1980 г.

Из рис.3.11 можно сделать вывод, что средние разности температур воздуха января до и после условного года ступенчатых изменений варьируются в пределах от 0,4 до 3,5°C, а естественная изменчивость от 0,1 до 0,8 °C. Средние разности температур воздуха апреля до и после условного года ступенчатых изменений варьируются в пределах от 0,7 до 2,3°C, а естественная изменчивость от 0,2 до 0,8°C. Средние разности температур воздуха апреля до и после условного года ступенчатых изменений

варьируются в пределах от $-0,3$ до $1,0^{\circ}\text{C}$, а естественная изменчивость от $-0,2$ до $0,9^{\circ}\text{C}$. Средние разности температур воздуха апреля до и после условного года ступенчатых изменений варьируются в пределах от $1,0$ до $2,5^{\circ}\text{C}$, а естественная изменчивость от $0,6$ до $1,0^{\circ}\text{C}$.

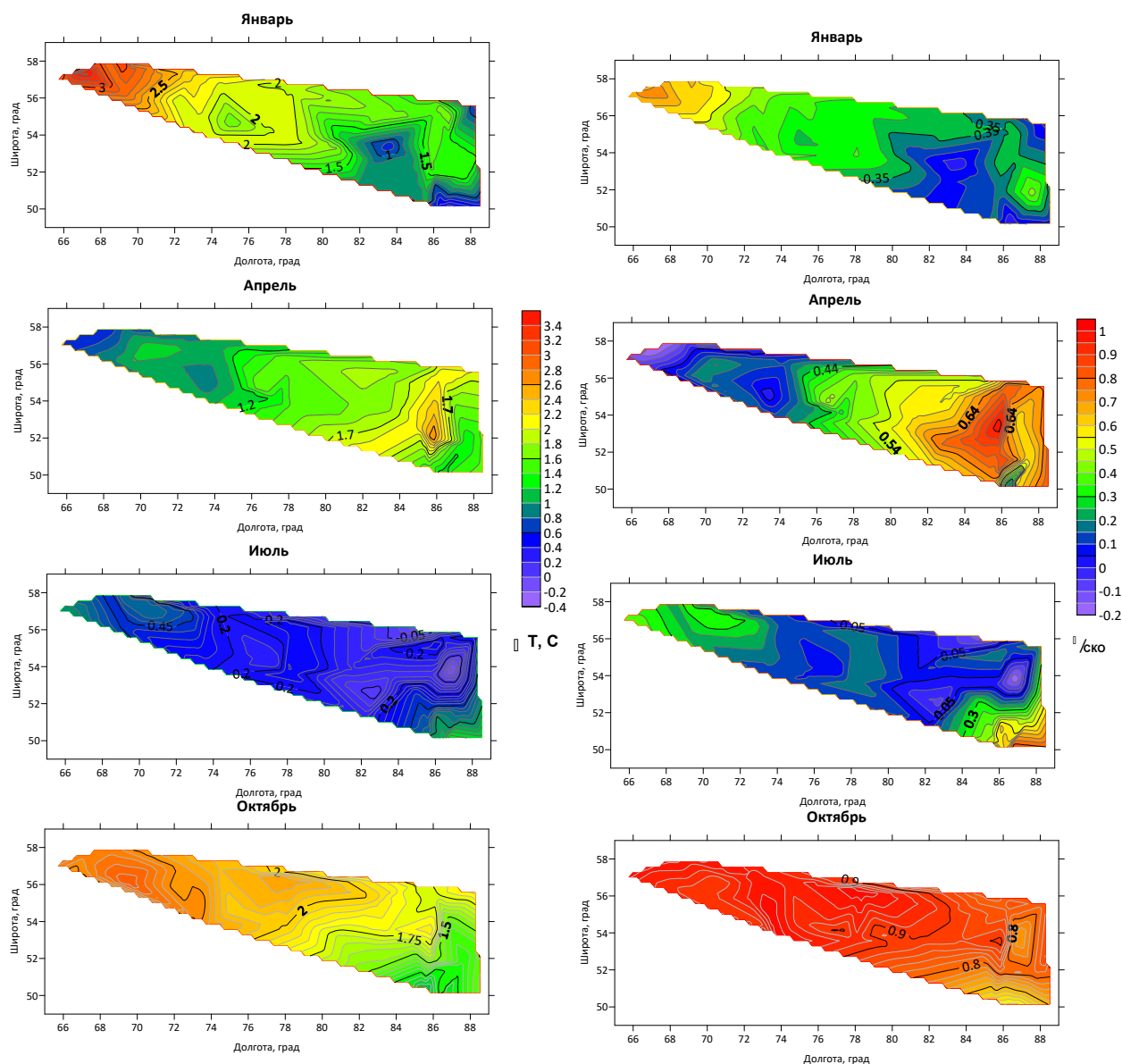


Рисунок 3.11. Разница средней температуры воздуха (Δ , по модулю) до и после года ступенчатых изменений (слева) и Δ/CKO (справа)

Можно заметить, что в целом значения не превышают естественной изменчивости и находятся в пределах погрешности, а значит, не зависят от периода осреднения. При этом отрицательные значения Δ/CKO наблюдаются

в июле на трёх станциях – Алейск, Тайга, Новокузнецк, что говорит о том, что температуры воздуха здесь имеет обратную зависимость и после 1980 г. имеет тенденцию понижения, однако, при задании более позднего года ступенчатого изменения (от 1990 до 2000 гг.) значения $\Delta/\text{СКО}$ наблюдаются положительные.

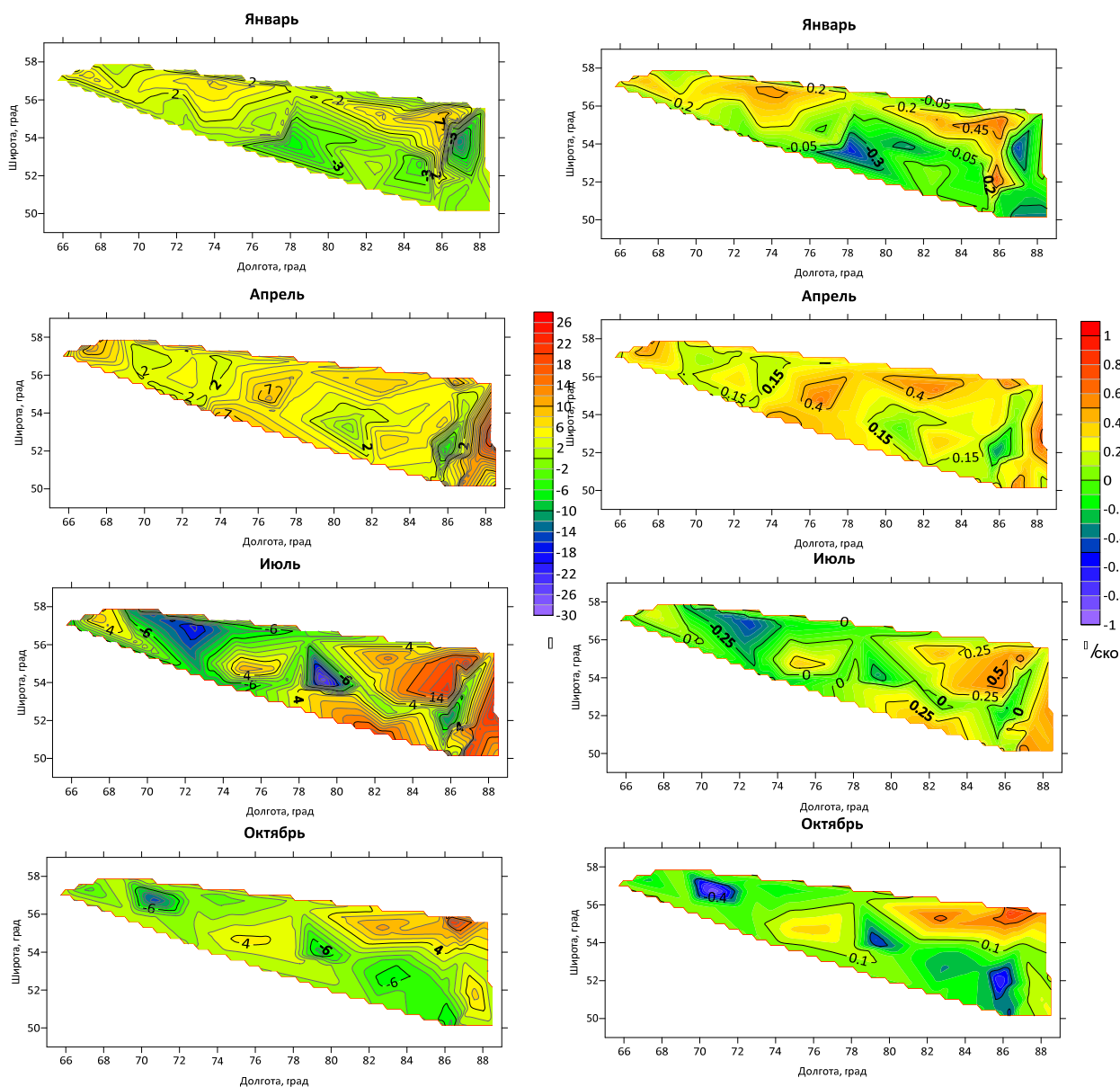


Рисунок 3.12. Разница средних осадков (Δ , по модулю) до и после года ступенчатых изменений (слева) и $\Delta/\text{СКО}$ (справа)

Из рис.3.12 видим, что средние разности осадков января до и после года ступенчатых изменений варьируются в пределах от 8,4 до 14 мм, а

естественная изменчивость от -0,4 до 0,8 мм, разности осадков в апреле варьируются от 8,8 до 22,1 мм, а естественная изменчивость от -0,4 до 0,8 мм; в июле – в пределах от 24,6 до 29,2 мм, а естественная изменчивость от -0,5 до 0,6 мм; в октябре – в пределах от 17,2 до 21,9 мм, а естественная изменчивость от -1,0 до 0,9 мм.

Можно заметить, что в январе положительные значения $\Delta/\text{СКО}$ наблюдаются на северо-западе и северо-востоке территории, в апреле – от центра к северо-востоку, в июле – на востоке и в октябре – на северо-востоке территории. Отрицательные значения $\Delta/\text{СКО}$ наблюдаются во все месяцы. В январе уменьшение осадков после 1980 г. наблюдается к юго-востоку, а в июле и октябре также и на северо-западе. В апреле отрицательные значения выявлены на трёх станциях – Бaeво, Горно-Алтайск, Тюмень – однако, дальнейшие исследования с изменениями года ступенчатых изменений дают тот же результат. Можно предположить, что такое изменение количества осадков носит локальный характер и не зависит от глобальных процессов.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА СЦЕНАРНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

4.1. Выбор эффективной климатической модели по результатам исторического эксперимента

Основная задача моделирования климата состоит в возможности выявить закономерности изменения и распределения климатических характеристик в пространстве, а также сделать оценку воздействия влияния внешних факторов на внутреннее состояние климатической системы в настоящем и будущем.

Международная программа AMIP (Atmospheric model intercomparison project) была создана для развития математических климатических моделей и их сравнения. Программа реализовывалась в проектах от CMIP1 до CMIP6 (Coupled model intercomparison project). Наиболее важными для нашей

работы является исторические эксперименты для воспроизведения современного климата и оценки будущего климата по проекциям выбросов RCP (Representative concentration pathway). В работе будут рассматриваться модели проектов CMIP5 и CMIP6.

Идея развития климата в сценариях будущего заключается в нескольких возможных проекциях антропогенного влияния. Для этого были созданы 4 ветви развития сценария:

1. сценарий A1 – стабилизация антропогенного воздействия на уровне $2,6 \text{ Вт/м}^2$ к 2100 году;
2. сценарий A2 – стабилизация антропогенного воздействия на уровне $4,5 \text{ Вт/м}^2$ к 2100 году;
3. сценарий B1 – стабилизация антропогенного воздействия на уровне $6,5 \text{ Вт/м}^2$ к 2100 году;
4. сценарий B2 – стабилизация антропогенного воздействия на уровне $8,5 \text{ Вт/м}^2$ к 2100 году.

В историческом эксперименте в проекте CMIP5 климатические характеристики воспроизводятся в период с 1950 до 2005 гг., в проекте CMIP5 в период с 1950 до 2015 г. Будущие оценки даны с 2006 г. и с 2016 г., соответственно.

Сейчас разработано и реализуется более 50 физико-математических климатических моделей, результаты которых можно сравнивать по каждому сценарию. Результаты моделей находятся в свободном доступе в сети Интернет. Однако такое разнообразие моделей и отличных друг от друга результатов моделирования привело к тому, что существует разброс результатов и неопределённость оценок, диапазон которых увеличивается со временем.

Экспериментами установлено, что средняя многолетняя температура воздуха воспроизводится лучше, чем осадки. Коэффициент корреляции для температуры воздуха более 0,95, в то время как для осадков варьируется от 0,6 до 0,9. Более того, климатические модели не могут воспроизводить локальные или региональные особенности климата. Для этого необходимо проводить корректировку, как результатов моделирования, так и оценок будущего сценарного климата.

Выбор наиболее эффективной модели был основан на сопоставлении данных инструментальных наблюдений и результатам физико-математического моделирования.

В список моделей, выбранных для моделирования будущих средних многолетних температур воздуха, были выбраны следующие модели:

1. BCC – модель Пекинского климатического центра, Китай (Beijing Climate Centre);
2. BNU-ESM – модель Бьёркснесовского центра климатических исследований, Норвегия (Bjerknes Centre for Climate Research);
3. HadCM – модель центра прогноза климата Хэдли, Великобритания (Hadley Centre for Climate Prediction);
4. INM – модель вычислительной математики РАН, Россия (Institute for Numerical Mathematics);
5. IPLS – модель института Лапласа, Франция;
6. MIROS – японская модель с высоким разрешением, Япония;
7. MPI – модель института Макса Планка, Германия (Max Planck Institute for Meteorology);
8. NorESM – норвежская модель системы Земля, Норвегия.

Установлено, что температура воздуха января на территории юга Западной Сибири воспроизводится моделью института Макса Планка MPI ($\Delta=0,5$ °C), температура воздуха апреля норвежской моделью NorESM ($\Delta=0,5$

°C), лучший результат для температуры воздуха июля у российской модели INM ($\Delta=0,2$ °C), для температуры воздуха октября наиболее эффективные норвежские модели BNU ($\Delta=0,6$ °C) и NorESM ($\Delta=0,6$ °C).

Эти же модели показали себя наиболее эффективными и при сравнении данных наблюдения и моделирования осадков. Для временных рядов января лучшей моделью оказалась немецкая модель MPI ($\Delta=12,0$ мм), для временных рядов апреля и июля наиболее эффективной моделью является норвежская модель NorESM ($\Delta=6,6$ мм и 1,4 мм, соответственно), для осадков октября лучший результат показала российская модель INM ($\Delta=0,5$ мм).

Ниже приведены пространственные распределение разности Δ между данными наблюдениями и данными моделирования для каждой станции на территории юга Западной Сибири.

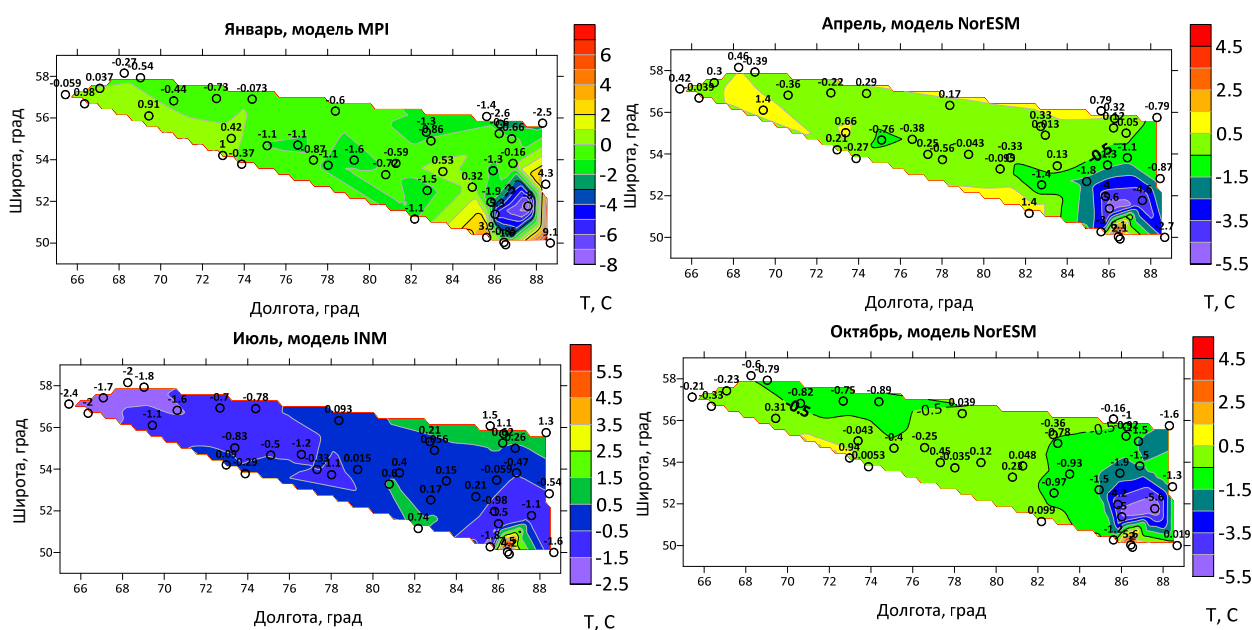


Рисунок 4.1. Разность значений температуры воздуха наблюденных и данных физико-математического моделирования по территории юга Западной Сибири

Из рис.4.1. следует, что значительное отличие модельных данных от фактических во все месяцы на юго-востоке в горных районах, причём в январе, апреле и октябре отклонение отрицательное и достигает $-8,0^{\circ}\text{C}$, что говорит о том, что модели занижают температуру воздуха. В июле модель завышает температуру на юго-востоке, где отклонение достигает $+5,5^{\circ}\text{C}$, и занижает к западу, где отклонение до $-2,5^{\circ}\text{C}$. В январе модель MPI даёт отличие в пределах $\pm 1^{\circ}\text{C}$ по всей территории к западу, в апреле и октябре модель NorESM также отклоняется от фактических на $\pm 1^{\circ}\text{C}$ по всей территории, в горных районах отклонение до $-5,5^{\circ}\text{C}$. В июле, в целом, температура воздуха занижается моделью.

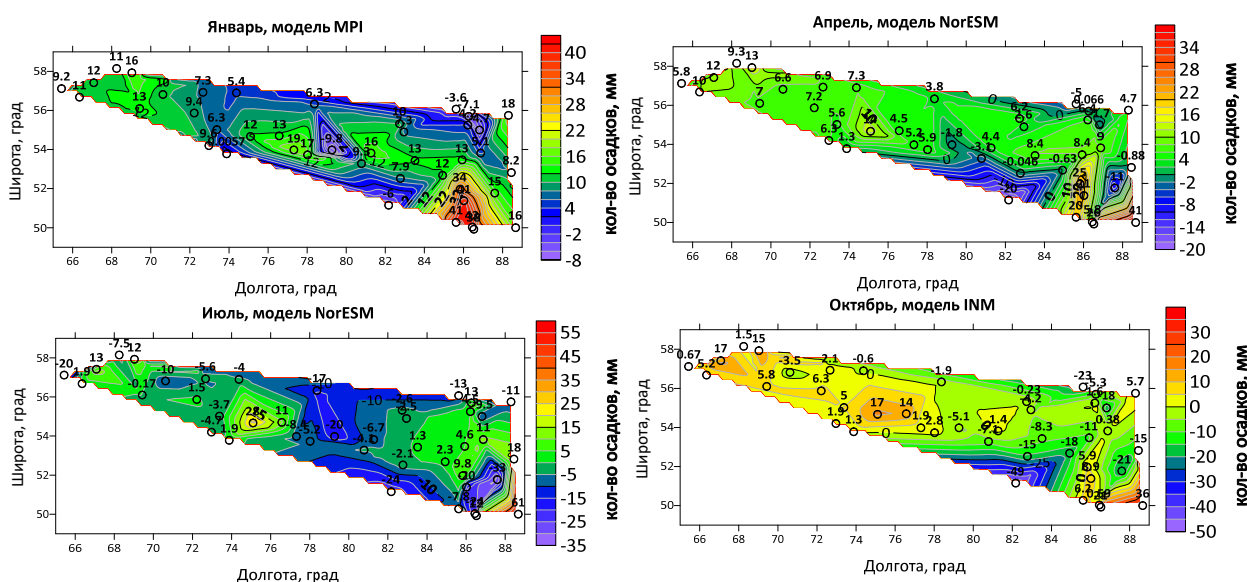


Рисунок 4.2. Разность (по модулю) значений осадков наблюдаемых и данных физико-математического моделирования по территории юга Западной Сибири

Из рис.4.2. делаем вывод, что в январе модель MPI завышает фактические значения на западе, в центральных районах и значительно завышает на юго-востоке, где отклонение достигает 40 мм. На севере и юге отклонение отрицательны, а значит модельные данные ниже фактических. В апреле модель NorESM завышает осадки почти на всей территории, кроме юго-восточных областей, где отмечается отрицательное отклонение до 20

мм. Эта же модель в июле завышает осадки на западе и востоке, при этом в центре занижает. В октябре модель INM имеет положительное отклонение к западу и отрицательное к востоку. При этом, как и в случае с температурой воздуха, максимальные отклонения приходятся на горные станции. Можно предположить, что подобный характер ошибок связан с тем, что модели не учитывают континентальной территории, а также физико-географические особенности.

4.2. Оценка и корректировка климатических проекций

На основе выбранных моделей для каждого месяца сезона для температуры воздуха и осадков осуществляется оценка вероятного будущего изменения климата с учётом градиента 30-летних периодов (4.1–4.2) и корректировок сценарных значений, которые рассчитываются по формулам (4.3–4.5):

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= \bar{T}_{2\text{набл}} - \bar{T}_{1\text{набл}}, \\ \Delta_2 &= \bar{T}_{2\text{модел}} - \bar{T}_{1\text{модел}},\end{aligned}\tag{4.1}$$

$$\begin{aligned}\Delta_3 &= \bar{T}_{2\text{модел}} - \bar{T}_{1\text{модел}}, \\ \bar{\Delta}_1 &= \frac{1}{2}(\Delta_3 + \Delta_2), \quad \bar{\Delta}_2 = \frac{1}{2}(\bar{\Delta}_1 + \Delta_1),\end{aligned}\tag{4.2}$$

где $\bar{T}_{1\text{набл}}$ и $\bar{T}_{2\text{набл}}$ – средние значения климатической характеристики за периоды с 1951 до 1980 гг. и с 1981 до 2010 гг.; $\bar{\Delta}_1$ – средний градиент за будущий сценарный период с 2011 до 2040 гг.; $\bar{\Delta}_2$ – средний градиент по фактическим данным и модельным.

$$\bar{T}_{\text{корр}(2011-2040)} = \bar{T}_{2\text{набл}} + \bar{\Delta}_2,\tag{4.3}$$

$$\bar{T}_{\text{корр}(2041-2070)} = \bar{T}_{\text{корр}(2011-2040)} + \Delta_2,\tag{4.4}$$

$$\bar{T}_{\text{корр}(2071-2100)} = \bar{T}_{\text{корр}(2041-2100)} + \Delta_3,\tag{4.4}$$

где $\bar{T}_{\text{корр}}(2011-2040)$, $\bar{T}_{\text{корр}}(2041-2070)$, $\bar{T}_{\text{корр}}(2071-2100)$ – откорректированные значения будущих средних сценарных значений климатических характеристик за периоды: 2011-2040 гг., 2041-2070 гг., 2071-2100 гг., соответственно.

Таблица 4.1. Средние для юга Западной Сибири откорректированные значения будущих сценарных температур по трём сценариям

Месяц	1981-2010	RPC, Вт/м2	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Январь	-16.3	2.6	-17.4	-16.1	-17.5
		4.5	-16.7	-14.8	-14.3
		8.5	-15.9	-13.6	-10.4
Апрель	2.7	2.6	2.3	2.2	3.0
		4.5	2.6	4.1	4.5
		8.5	3.2	4.7	7.4
Июль	18.6	2.6	-	-	-
		4.5	18.8	19.5	20.6
		8.5	19.2	20.9	22.6
Октябрь	2.6	2.6	2.2	3.0	3.5
		4.5	2.3	3.5	4.0
		8.5	2.6	4.9	5.7

Как видно из табл. 4.1., рост температуры в среднем во все месяцы к концу 21 века по сравнению с современным достигает 1,8-2,2 °С. При этом, стоит отметить, что разница между сценариями 2,6 и 4,5 достигает максимальных 1,5 °С в апреле, тогда как сценарии 4,5 и 8,5 отличаются на 1,7-3,9 °С. Можно сказать, что сценарий 8,5 является ненадёжным и маловероятным.

Результаты оценки будущей температуры воздуха, полученной для 42 станций юга Западной Сибири, за январь, апрель, июль, октябрь приведены в виде пространственной интерполяции ниже.

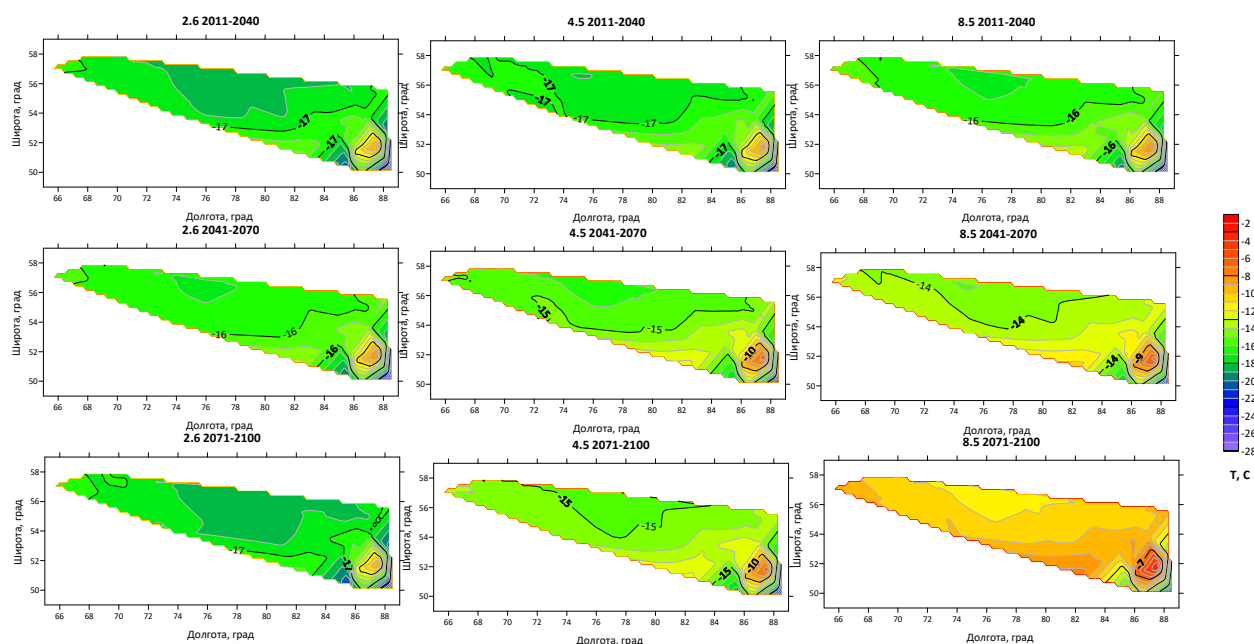


Рисунок 4.3. Пространственное распределение сценарных температур воздуха января по модели МРІ и сценариям 2,6, 4,5, 8,5 Вт/м²

Из рис.4.3 следует, что по сценарию 4,5, являющимся наиболее вероятным, область с температурой -15°C будет расширяться с юго-востока на запад, уже к 2071 году она будет занимать практически всю территорию юга Западной Сибири, за исключением юго-восточной, горных областей, где не превысит -10°C . В среднем повышение температуры составляет $2,0^{\circ}\text{C}$ по всей территории. По сценарию 8,5 повышение температуры наблюдается на всей территории и особенно заметно в горных областях, где средние температуры достигают $-4,0^{\circ}\text{C}$. к концу 21 века средний рост температуры составит до $6,0^{\circ}\text{C}$.

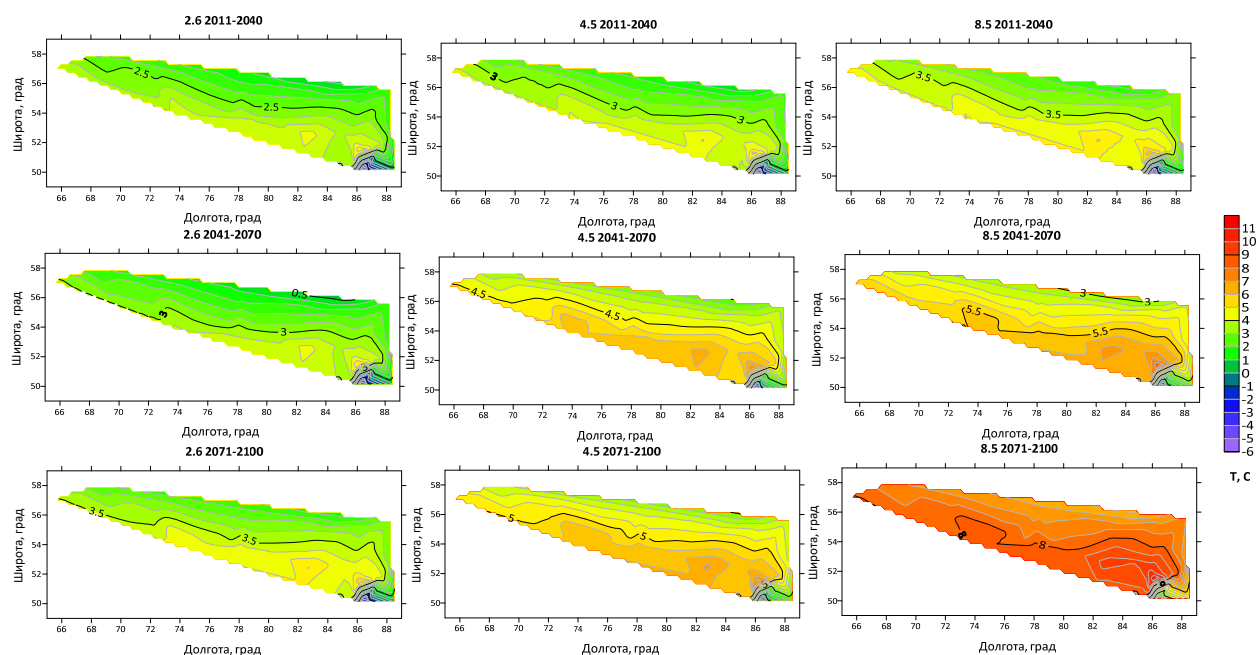


Рисунок 4.4. Пространственное распределение сценарных температур воздуха апреля по модели NorESM и сценариям 2,6, 4,5, 8,5 Вт/м²

Из рис.4.4 следует, что по сценарию 4,5 прирост температуры в апреле к 2071 году от современной составит 1,4 °С, а к концу 21 века уже 1,8 °С. При этом распространение имеет направление с юга на север. По сценарию 8,5 повышение температуры наблюдается на всей территории, к 2071 температуры по всей территории увеличатся на 2,0 °С, а к концу 21 века на 4,7 °С. Так, средние температуры воздуха в апреле могут достигать свыше 8,0 °С.

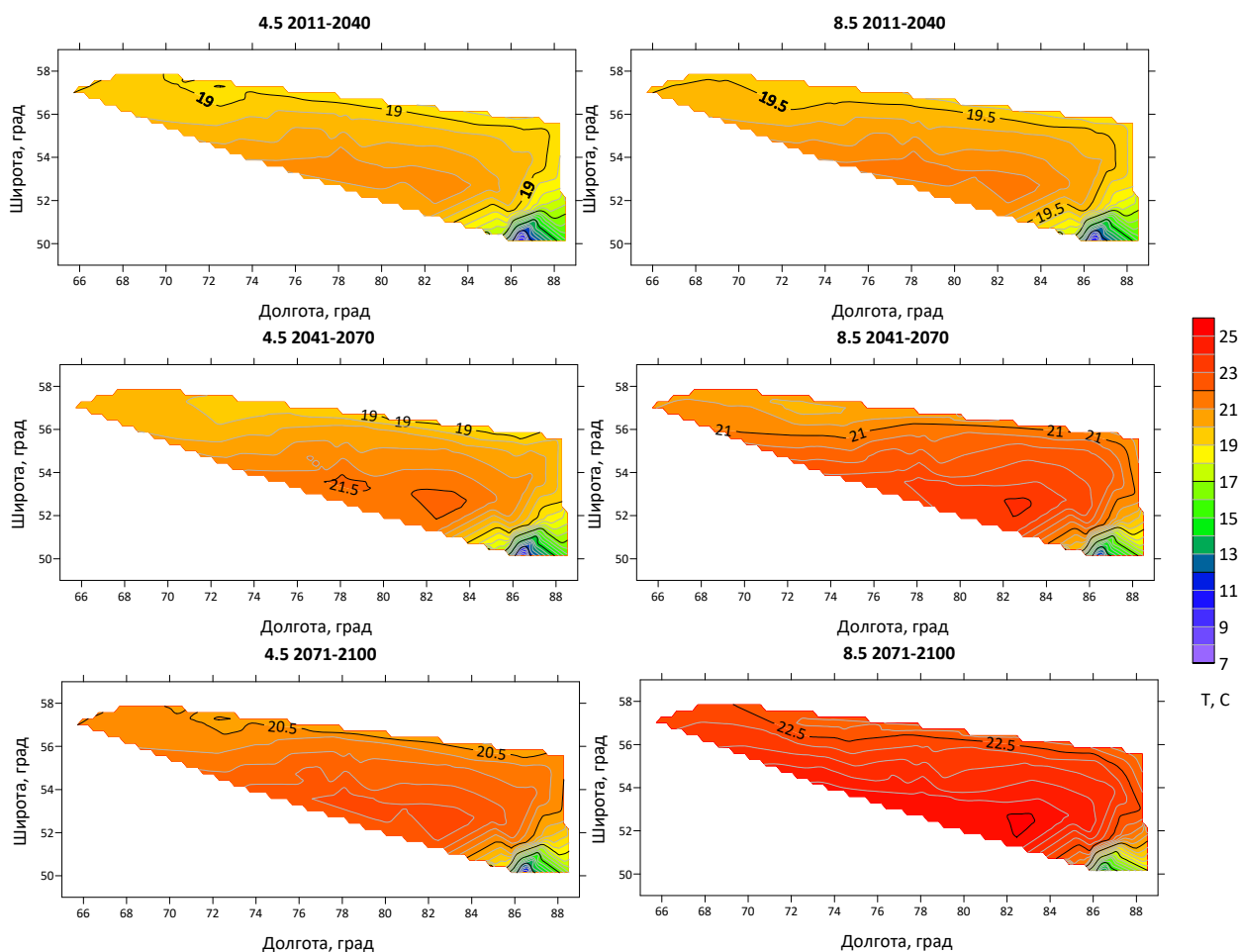


Рисунок 4.5. Пространственное распределение сценарных температур воздуха июля по модели INM и сценариям 4,5, 8,5 Вт/м²

Из рис.4.5 следует, что увеличение средней температуры наблюдается по всей территории, при этом максимум приходится на центральные районы. По сценарию 4,5 прирост температуры в июле к 2071 году от современной составит 0,9 °С, а к концу 21 века уже 2,0 °С. По сценарию 8,5 повышение к 2071 температуры по всей территории увеличится на 2,3 °С, а к концу 21 века на 4,0 °С. Так, средние температуры воздуха в июле могут достигать свыше 22,0°С.

Из рис.4.6 делаем вывод, что наибольшие температуры наблюдаются на юге, минимальные на севере территории. Рост температуры отмечается северо-западным направлением. Пространственное распределение очень схоже с апрельским. По сценарию 4,5 прирост температуры в июле к 2071 году от современной составит 0,9 °С, а к концу 21 века уже 1,4 °С. По

сценарию 8,5 повышение к 2071 температуры по всей территории увеличится на 2,3 °С, а к концу 21 века на 3,1 °С. Так, средние температуры воздуха в октябре могут достигать свыше 5,0°С.

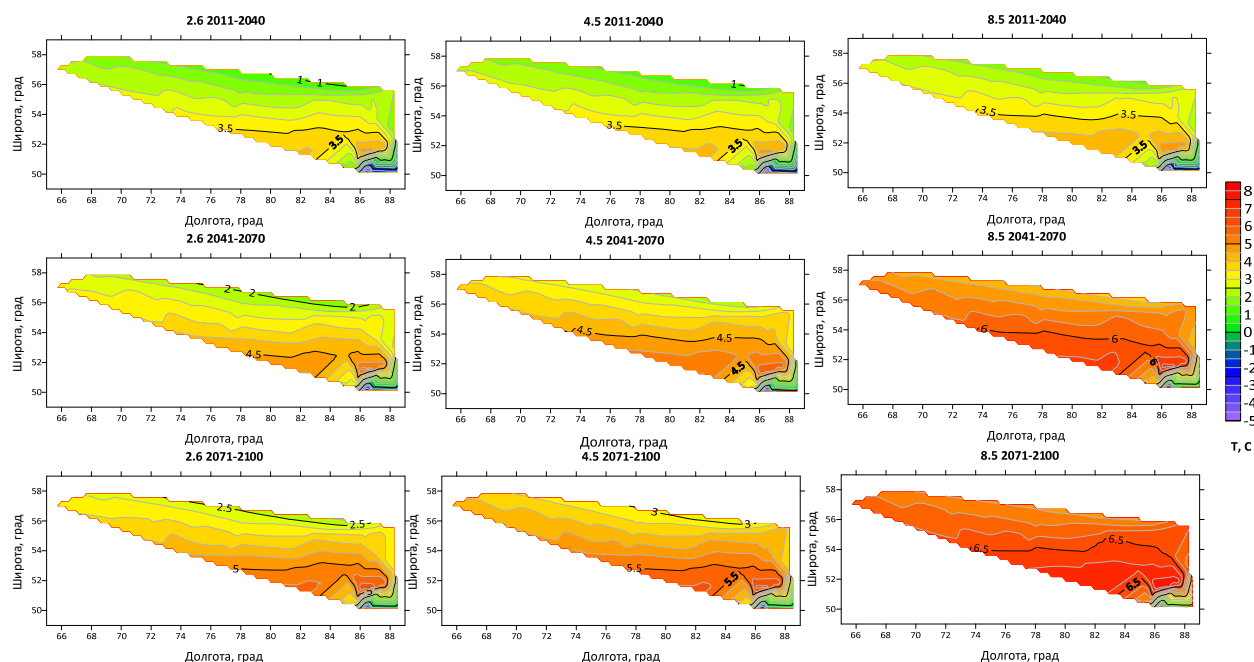


Рисунок 4.6. Пространственное распределение сценарных температур воздуха января по модели NorESM и сценариям 2,6, 4,5, 8,5 Вт/м²

Таблица 4.2. Средние для юга Западной Сибири откорректированные значения будущих сценарных осадков по трём сценариям

Месяц	1981-2010	RPC, Вт/м2	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Январь	20.5	2.6	20.2	22.9	22.2
		4.5	21.2	26.8	27.1
		8.5	22.8	31.1	35.2
Апрель	27.8	2.6	-	-	-
		4.5	26.0	22.3	25.2
		8.5	27.0	34.1	30.1
Июль	69.3	2.6	-	-	-
		4.5	70.0	75.1	79.2
		8.5	65.7	67.5	57.7
Октябрь	36.8	2.6	-	-	-
		4.5	37.2	41.3	35.9
		8.5	38.1	37.5	40.2

Как видно из табл. 4.2., нормы осадков в 30-летние периоды отличаются от месяца к месяцу и от сценарию к сценарию. Так, средние нормы варьируются от -11,6 мм в июле до 14,7 мм в январе при сценарии 8,5.

Однако, можно говорить о том, что и для будущих осадков сценарий 8,5 маловероятный и ненадёжный, поскольку отличие от сценария 4,5 отмечается от 4,3 мм в октябре до 21,4 мм в июле.

Результаты оценки будущих осадков, полученных для 42 станций юга Западной Сибири, за январь, апрель, июль, октябрь приведены в виде пространственной интерполяции ниже.

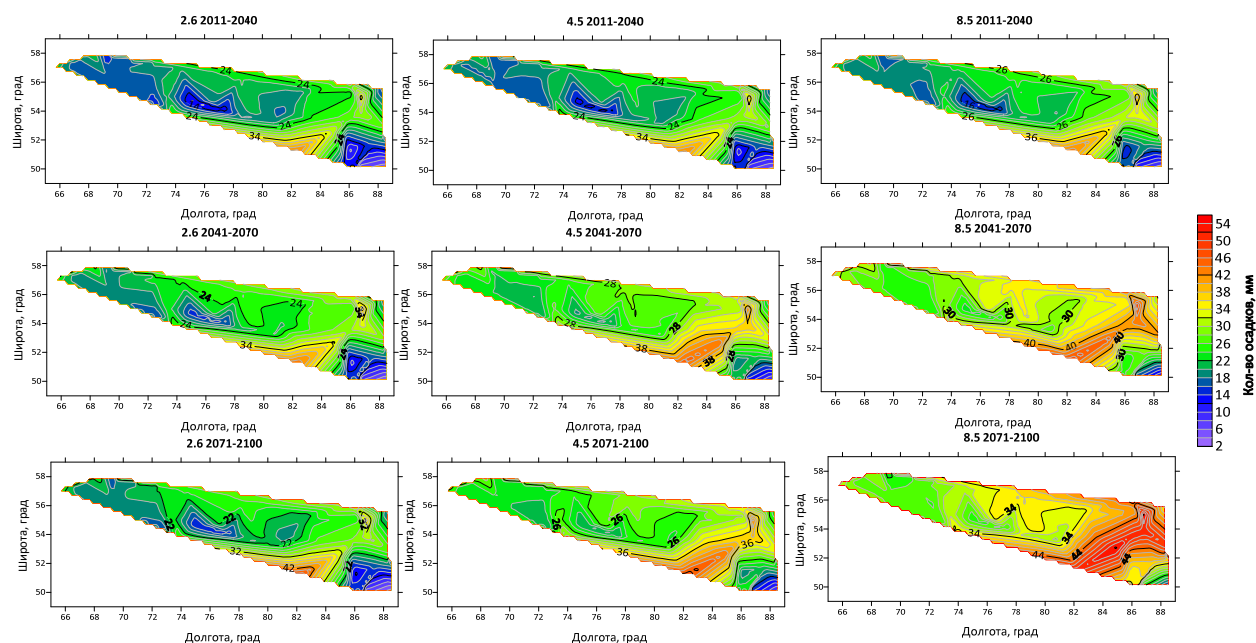


Рисунок 4.7. Пространственное распределение сценарных осадков января по модели МРІ и сценариям 2,6, 4,5, 8,5 Вт/м²

Из рис.4.7 следует, что наблюдается рост средних норм осадков по всей территории к концу 21 века. При этом максимальные значения наблюдаются на юго-востоке территории, минимальные в центре и локально на юго-востоке, в горных районах. По сценарию 4,5 к 2071 году ожидается прирост к современным нормам 6,3 мм, а к 2100 году 6,6 мм, норма осадков к концу 21 века составит . По сценарию 8,5 количество осадков увеличится к 2071 году на 8,1 мм, к концу 21 века прирост составит свыше 14 мм.

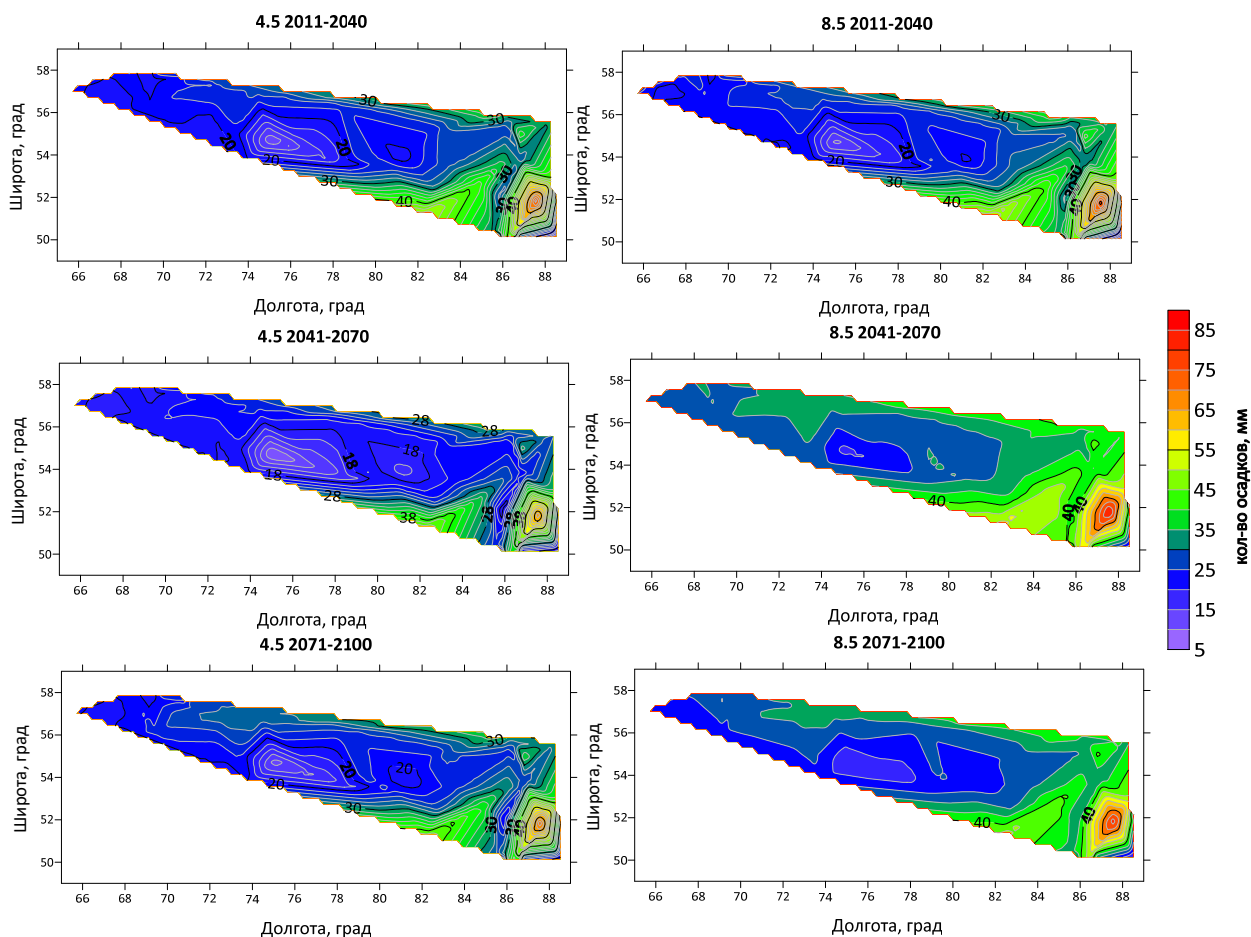


Рисунок 4.8. Пространственное распределение сценарных осадков апреля по модели NorESM и сценариям 4,5, 8,5 Вт/м²

На рис.4.8 видно, что сценарий 4,5 показывает уменьшение осадков к 2071 году и их прирост к концу века. По сценарию 8,5, напротив, сначала наблюдается рост, затем уменьшение осадков к 2100 году. Так, в сценарии 4,5 уменьшение осадков к 2071 году в сравнении с современной нормой составит менее 5,0 мм – 22,3 мм, при этом к концу века ожидает снова увеличение до 25 мм. Тем не менее, сценарные нормы осадков не превысят современных. Норма осадков по сценарию 8,5 к 2071 году по отношению к современной более 6 мм и составляет 34 мм, к 2100 году – около 30 мм.

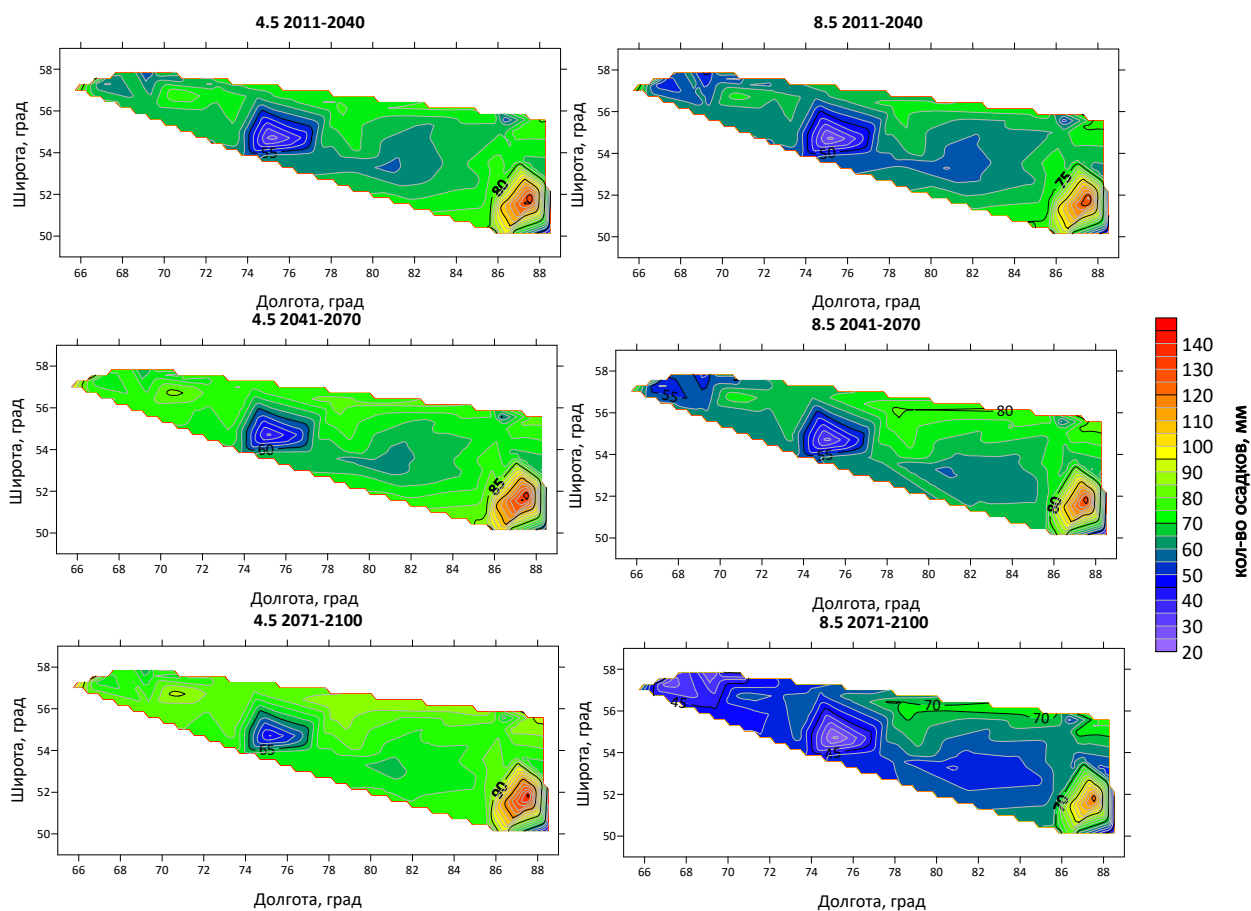


Рисунок 4.9. Пространственное распределение сценарных осадков июля по модели NorESM и сценариям 4,5, 8,5 Вт/м²

Из рис.4.9 можно сделать вывод, что и в сценарии 4,5, и в сценарии 8,5 наблюдается локальный максимум значений на юго-востоке и локальный минимум в центральной части территории. При этом на большей части территории осадки распределяются относительно равномерно. В сценарии 4,5 норма осадков увеличится более чем на 5 мм и составит 75 мм к 2071 году, к концу века норма близка к 80 мм. По сценарию 8,5 ожидается уменьшение нормы осадков почти на 2 мм к 2071 году более, чем на 11 мм к концу 21 века, когда она составит 58 мм.

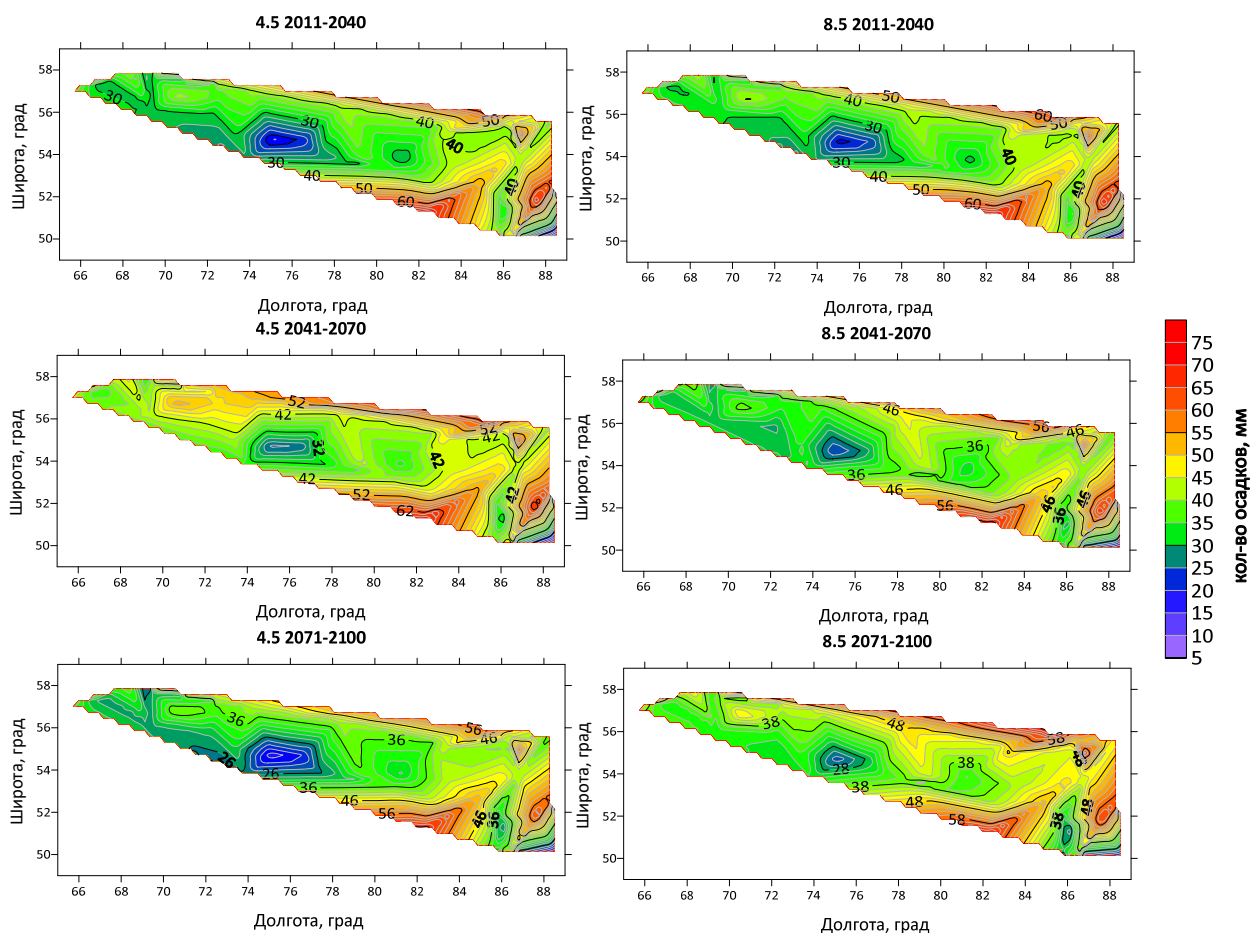


Рисунок 4.10. Пространственное распределение сценарных осадков октября по модели INM и сценариям 4,5, 8,5 Вт/м²

На рис.4.10 видно, что пространственное распределение осадков похоже на июльское, минимальные значения наблюдаются в центральной части, максимальные на востоке территории. Сценарий 4,5 показывает увеличение осадков к 2071 году на 4,5 мм и их уменьшение к 2100 году. Таким образом, к концу 21 века ожидается, что норма осадков не превысит современную более, чем на 1 мм. По сценарию 8,5 ожидается, что к 2071 году климатическая норма осадков увеличится на 0,7 мм, а к 2100 году на 3,4 мм и составит 40,2 мм.

ВЫВОДЫ

В Главе 1 были рассмотрены пространственное расположение станций, выполнен анализ однородности и стационарности, восстановлены пропуски в рядах наблюдений, которые также были приведены к многолетнему периоду. Станции по югу Западной Сибири располагаются равномерно, так, чтобы была возможность восстановить пропуски методом аналогов, учитывая и физико-географические особенности территории. Восстановить пропуски в рядах температуры воздуха удалось в 40-42 случаях, в рядах осадков в 27-38 случаях. Как ряды наблюдений, так и ряды, приведённые к многолетнему периоду, являются однородными и преимущественно стационарными по дисперсиям. Выявленная не стационарность средних значений наблюдается в начале 1980-х гг., где отмечается рост средних значений во второй половине ряда.

В Главе 2 были рассчитаны многолетние климатические нормы, а также события редкой повторяемости 1 раз в 100 и 200 лет. Для температуры воздуха установлена тенденция понижения значений с юга-востока на северо-запад территории. В январе температуры воздуха варьируются в пределах от $-8,5$ до $-29,1^{\circ}\text{C}$, в апреле от $-6,1^{\circ}\text{C}$ до $5,6^{\circ}\text{C}$, в июле от $7,1^{\circ}\text{C}$ до $20,6^{\circ}\text{C}$, в октябре от $-5,8^{\circ}\text{C}$ до $4,7^{\circ}\text{C}$. Средняя многолетняя норма для января $-18-20^{\circ}\text{C}$, апреля и октября $2-3^{\circ}\text{C}$, июля $+18-20^{\circ}\text{C}$. При этом экстремальные значения редкой повторяемости превышают норму в 2-3 раза. Средние многолетние суммы осадков на юге Западной Сибири около 19 мм в январе, 26 мм в апреле, 70 мм в июле и 38 мм в октябре. Экстремальные значения редкой повторяемости превышают климатическую норму в среднем в 3 раза по всей территории.

В Главе 3 были рассчитаны параметры основных моделей временных рядов, таких как модель линейного тренда и модель ступенчатых изменений. Для рядов температуры воздуха в январе не удалось рассчитать эффективных нестационарных моделей, в апреле получено 23 модели ступенчатых

изменений при среднем $\Delta_{\text{ступ}} = 12,3\%$ и 11 моделей линейного тренда при среднем $\Delta_{\text{тр}} = 11,4\%$. В июле было получено всего 2 модели линейного тренда и 2 модели ступенчатых изменений при средних $\Delta_{\text{тр}} = 15,3\%$ и $\Delta_{\text{ступ}} = 19,4\%$. В октябре выявлено 19 случаев эффективности моделей ступенчатых изменений при $\Delta_{\text{ступ}} = 12,1\%$, модель линейного тренда показала себя не эффективной. Заметим, что установлена закономерность смещения даты нарушения стационарности на более позднюю с запада на восток летом и зимой от 1970 до 2013 гг., и с востока на запад в апреле и октябре с 1977 до 2010 гг., при этом в целом нарушение стационарности наблюдается с середины 1980-х гг.

Для рядов осадков января эффективность не стационарных моделей выявлена в 6 случаях для моделей ступенчатых изменений при среднем $\Delta_{\text{ступ}} = 11,2\%$, в 2 случаях для модели линейного тренда при среднем $\Delta_{\text{тр}} = 12\%$. В апреле получены 2 модели ступенчатых изменений при $\Delta_{\text{ступ}} = 12,9\%$ и не обнаружена эффективности моделей линейного тренда. В июле – 3 случая эффективности модели линейного тренда и 4 случая модели ступенчатых изменений при $\Delta_{\text{тр}} = 15,3\%$ и $\Delta_{\text{ступ}} = 19\%$, соответственно. Для октября получено 2 эффективные модели линейного тренда при средней $\Delta_{\text{тр}} = 17,1\%$ и 3 модели ступенчатых изменений при среднем $\Delta_{\text{ступ}} = 12,0\%$. При этом дата нарушения стационарности варьируется от 1970 до 2013 гг. во все месяцы, при смещении в большую сторону в январе и июле с запада на восток и смещении в меньшую сторону в апреле и октябре.

Главе 4 были выбраны наиболее подходящие климатические модели проекта CMIP5 на основе исторического эксперимента, рассчитаны сценарные значения будущих климатических норм до конца 21 века, а также построены откорректированные пространственные интерполяции. Модели MPI и NorESM имеют отклонения в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$ по всей территории к западу. В июле, в целом, температура воздуха занижается моделью. В горных

районах наблюдается значительное отклонение модельных данных от фактических. Для осадков в январе модель MPI завышает фактические значения на западе, в центральных районах и значительно завышает на юго-востоке. В апреле и июле модель NorESM завышает осадки почти на всей территории, кроме юго-восточных областей, при этом в центре занижает. В октябре модель INM завышает осадки к западу и занижает к востоку. При этом, как и в случае с температурой воздуха, максимальные отклонения приходится на горные станции. Можно предположить, что подобный характер ошибок связан с тем, что модели не учитывают континентальной территории, а также физико-географические особенности.

Установлено, что наилучший результат для температуры воздуха января у модели института Макса Планка MPI ($\Delta=0,5$ °C), апреля у норвежской модели NorESM ($\Delta=0,5$ °C), июля у российской модели INM ($\Delta=0,2$ °C), октября у модели NorESM ($\Delta=0,6$ °C). Для осадков января лучшей моделью оказалась немецкая модель MPI ($\Delta=12,0$ мм), апреля и июля наиболее эффективной моделью является норвежская модель NorESM ($\Delta=6,6$ мм и $1,4$ мм, соответственно), для осадков октября модель INM ($\Delta=0,5$ мм). Ожидается, что во все месяцы к концу 21 века температура на юге Западной Сибири увеличится в среднем на $1,8-2,2$ °C. Сценарные модели показывают увеличение нормы осадков зимой и летом до $27,1$ мм и $79,2$ мм, соответственно, и уменьшение в апреле на $2,6$ мм и в октябре $0,9$ мм, при этом можно говорить о том, что отклонение от современной нормы этих месяцев незначительное.

Таким образом, поставленные в ходе работы задачи были полностью выполнены. Исследование изменения климата может быть дополнено и расширено в дальнейшем и другими задачами. Все полученные результаты могут быть использованы в качестве теоретического материала для последующих работ по изучению климата юга Западной Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтайский край / Сост. Г. М. Егоров; Науч. ред.: д-р геогр. наук, проф. В. С. Ревякин; Рецензент: д-р геогр. наук А. О. Кеммерих. — М.: Профиздат, 1987. — 264 с.
2. Республика Алтай: крат. энцикл. / [НИИ алтаистики им. С. С. Суразакова и др.; гл. ред. А. С. Суразаков]. — Новосибирск: АРТА, 2010. — 365 с.
3. Официальный сайт администрации правительства Кемеровской области URL: <https://www.zskuzbass.ru/>
4. Новосибирская область в справочнике-каталоге «Вся Россия». URL: https://web.archive.org/web/20081014142519/http://www.terrur.ru/cgi-bin/allrussia/v3_index.pl?act=reg&id=54
5. Большая Тюменская энциклопедия. Т. 1-3. — Тюмень, 2004.
6. Энциклопедия Омской области. Том 1. А-М. Под общей редакцией В. Н. Русакова. Омское книжное издательство. Омск. 2010.
7. В. А. Лобанов, И. А. Смирнов, А. Е. Шадурский. Практикум по климатологии, часть 1. (учебное пособие). Санкт-Петербург, 2011. — 145 с.
8. В. А. Лобанов, И. А. Смирнов, А. Е. Шадурский. Практикум по климатологии, часть 2. (учебное пособие). Санкт-Петербург, 2012. — 180 с.
9. В. А. Лобанов, А. Е. Шадурский. Выделение зон климатического риска на территории России при современном изменении климата Монография. Санкт-Петербург, издание РГГМУ, 2013. — 123 с.
10. В. А. Лобанов. Лекции по климатологии. Часть 2. Динамика климата. Кн.1. В 2 кн.: учебник. — СПб.: РГГМУ, 2016. — 332 с.
11. Ю. П. Переведенцев. Теория климата. Казанский государственный университет, 2009. — 503 с.

Приложение 1

Таблица 1.1. Результаты восстановления пропусков и приведения рядов к многолетнему периоду для рядов температуры воздуха января для метеостанций юга Западной Сибири

Код	Наименование	Кол- во факт.	Ко л- во вос ст.	Эффект.восст.%	Средн.погр. восст.	Стд.откл.исх.	Стд.откл.восст.	Критерий Фишера	Средн.исх.ряда	Средн.восст.ряда	Критерий Стьюдента
1	Алейская	76	116	152.63	0.68	4.34	4.14	1.1	-16.04	-18.43	3.83
2	Басово	73	119	163.01	0.74	4.66	4.27	1.19	-17.52	-19.87	3.55
3	Барнаул	186	6	3.23	2.27	4.23	6.1	2.08	-17.58	-19.46	1.05
4	Бийск	88	103	117.05	1.01	4.27	4.3	1.02	-16.77	-18.91	3.42
5	Тогул	76	116	152.63	0.79	4.14	3.95	1.1	-15.12	-17.36	3.75
6	Змеиногорск	100	86	86	1.3	4.09	4.13	1.02	-14.63	-16.57	3.18
7	Камень-на-Оби	88	104	118.18	0.68	4.61	4.38	1.11	-18.26	-20.48	3.4
8	Горно-Алтайск	66	125	189.39	1.13	3.98	3.79	1.11	-14.57	-16.78	3.74
9	Ак-Кемь	73	97	132.88	1.4	2.68	2.74	1.05	-16.98	-18.24	2.97
10	Кара-Тюрек	84	8	9.52	0.89	2.41	2.15	1.26	-16.36	-18.13	1.98
12	Усть-Кокса	86	32	37.21	2.05	3.79	3.08	1.52	-20.97	-22.05	1.44
13	Яйлю	92	94	102.17	1.01	2.83	2.71	1.09	-8.46	-9.72	3.1
14	Чемал	73	113	154.79	1.08	3.69	3.48	1.12	-11.64	-13.29	3.08
15	Тюмень	139	37	26.62	0.97	3.74	3.66	1.05	-16.45	-17.48	1.49
16	Вагайск	87	89	102.3	0.6	4.3	3.56	1.46	-17.59	-18.48	1.48
17	Тобольск	168	8	4.76	1.72	3.94	2.94	1.79	-18.38	-19.95	1.1
18	Ялуторовск	88	88	100	0.72	4.19	3.51	1.42	-17.32	-18.44	1.92
19	Ярково	92	84	91.3	1.03	4.29	3.55	1.46	-16.95	-18.17	2.02
20	Викулово	88	88	100	0.44	4.21	3.52	1.43	-17.56	-18.9	2.27
21	Ишим	117	59	50.43	0.77	4.18	3.57	1.37	-18.16	-19.39	1.92
22	Новосибирск	93	99	106.45	0.87	4.44	4.18	1.13	-17.8	-19.77	3.15
23	Карасук	73	119	163.01	0.8	4.46	3.98	1.26	-18	-20.33	3.75
24	Северный	87	105	120.69	1.07	4.51	3.93	1.32	-19.06	-20.92	3.04

25	Чистоозерный	73	119	163.01	0.78	4.39	3.88	1.28	-18.35	-20.55	3.61
26	Купино	76	116	152.63	0.75	4.5	3.88	1.34	-18.18	-20.69	4.08
27	Красноозерск	73	119	163.01	0.68	4.48	4.01	1.25	-17.74	-20.03	3.66
28	Колывань	73	119	163.01	0.97	4.5	4.08	1.22	-17.75	-19.91	3.41
29	Кемерово	73	119	163.01	1.27	4.62	4.27	1.17	-17.79	-20.13	3.55
30	Барзас	73	119	163.01	1.14	4.43	4.06	1.19	-17.07	-19.18	3.36
31	Тайга	88	104	118.18	1.34	4.33	4.14	1.1	-18.08	-19.98	3.1
32	Тисуль	88	104	118.18	1.97	4.65	4.45	1.09	-16.73	-18.92	3.3
33	Крапивино	70	122	174.29	1.44	4.78	4.37	1.2	-17.36	-19.88	3.69
34	Новокузнецк	68	124	182.35	1.04	4.24	3.94	1.16	-16.18	-18.45	3.69
35	Усть-Кабырза	73	113	154.79	1.6	3.78	3.45	1.2	-20.21	-22.12	3.53
36	Большие Уки	89	103	115.73	0.83	4.31	3.67	1.38	-17.92	-19.4	2.55
37	Любимовка	68	124	182.35	0.67	4.43	3.85	1.32	-17.97	-20.35	3.85
38	Одесское	86	106	123.26	0.84	4.47	3.83	1.36	-18.17	-20.15	3.29
39	Омск	139	53	38.13	1.12	4.15	3.9	1.13	-18.39	-19.98	2.41
40	Русская Поляна	70	122	174.29	0.7	4.51	3.88	1.35	-17.46	-19.84	3.83
41	Тара	121	71	58.68	1.19	4.21	3.96	1.13	-19.21	-20.31	1.78
42	Тюкалинск	97	95	97.94	0.85	4.26	3.74	1.29	-17.92	-19.55	2.81

Таблица 1.2. Результаты восстановления пропусков и приведения рядов к многолетнему периоду для рядов температуры воздуха апреля для метеостанций юга Западной Сибири

Код	Наименование	Кол-во факт.	Кол-во восст.	Эффект.восст.%	Средн.погр.восст.	Стд.откл.исх.	Стд.откл.восст.	Критерий Фишера	Средн.исх.ряда	Средн.восст.ряда	Критерий Стьюдента
1	Алейская	76	116	152.63	0.45	2.66	3.09	1.35	4.46	2.17	5.28
2	Баево	73	119	163.01	0.51	2.73	3.13	1.32	3.83	1.27	5.73
3	Барнаул	186	6	3.23	1.6	3.16	4.5	2.03	2.27	0.94	0.99
4	Бийск	88	104	118.18	0.77	2.94	3.38	1.32	3.45	0.66	6.02
5	Тогул	76	116	152.63	0.5	2.88	3.33	1.33	3.05	0.52	5.41
6	Змеиногорск	100	92	92	0.85	2.9	3.16	1.19	3.78	1.45	5.3
7	Камень-на-Оби	88	104	118.18	0.54	2.8	3.09	1.22	3.09	0.32	6.43
8	Горно-Алтайск	66	126	190.91	0.72	2.7	3.43	1.62	4.45	1.7	5.64
9	Ак-Кемь	73	113	154.79	1.15	2.26	2.77	1.51	-3.29	-5.34	5.26
10	Кара-Тюрек	84	102	121.43	1.28	2.37	2.76	1.36	-6.02	-8.35	6.1

11	Кош-Агач	89	3	3.37	1.15	2.34	0.14	2.92	-0.44	1.17	5.18
12	Усть-Кокса	87	99	113.79	1.06	2.12	2.38	1.25	3.07	1.13	5.8
13	Яйлю	92	100	108.7	0.75	2.12	2.35	1.23	3.8	1.88	5.89
14	Чемал	73	119	163.01	0.74	2.23	2.72	1.49	5.56	3.58	5.19
15	Тюмень	139	37	26.62	0.78	2.67	2.4	1.24	3.25	1.89	2.81
16	Вагайск	87	89	102.3	0.39	2.97	2.44	1.48	2.43	0.55	4.55
17	Тобольск	169	7	4.14	1.48	2.76	2.23	1.54	1.54	0.47	1.01
18	Ялуторовск	88	88	100	0.53	2.78	2.44	1.3	3.64	1.76	4.72
19	Ярково	92	84	91.3	0.46	2.89	2.41	1.43	3.19	1.46	4.27
20	Викулово	88	88	100	0.39	2.85	2.5	1.3	2.98	0.79	5.39
21	Ишим	117	59	50.43	0.74	2.97	2.73	1.19	2.31	0.88	3.08
22	Новосибирск	93	99	106.45	0.75	2.85	2.98	1.09	2.22	-0.33	6.02
23	Карасук	73	119	163.01	0.63	2.86	3.21	1.26	3.88	1.09	6.07
24	Северный	88	104	118.18	0.75	2.97	3.14	1.12	1.62	-1.2	6.33
25	Чистоозерный	73	119	163.01	0.65	2.99	3.34	1.25	3.03	0.14	6.03
26	Купино	76	116	152.63	0.63	2.84	3.19	1.26	3.24	0.49	6.08
27	Красноозерск	73	119	163.01	0.54	2.88	3.25	1.28	3.18	0.4	5.96
28	Колывань	73	119	163.01	0.64	3	3.33	1.24	2.2	-0.41	5.44
29	Кемерово	73	119	163.01	0.71	2.73	3.18	1.36	1.96	-0.27	4.95
30	Барзас	73	119	163.01	0.75	2.79	3.17	1.29	1.34	-0.91	4.97
31	Тайга	88	104	118.18	0.82	2.83	2.97	1.1	0.6	-1.85	5.8
32	Тисуль	88	104	118.18	0.91	2.78	3.02	1.18	2.01	-0.42	5.73
33	Крапивино	71	121	170.42	0.71	2.76	3.24	1.38	2.26	-0.19	5.31
34	Новокузнецк	68	124	182.35	0.53	2.51	3.1	1.53	3.15	0.85	5.22
35	Усть-Кабырза	73	119	163.01	0.65	2.12	2.55	1.45	1.87	-0.03	5.3
36	Большие Уки	89	87	97.75	0.37	2.83	2.55	1.23	2.49	0.19	5.63
37	Любимовка	68	124	182.35	0.51	2.77	3.28	1.4	3.54	0.67	6.1
38	Одесское	86	106	123.26	0.78	2.97	3.5	1.39	3.6	0.12	7.29
39	Омск	140	52	37.14	1.1	3.28	3.61	1.21	2.52	0.59	3.5
40	Русская Поляна	70	122	174.29	0.65	2.91	3.5	1.44	4.24	1.2	6.11
41	Тара	122	54	44.26	0.65	3	2.6	1.33	1.56	-0.67	4.7
42	Тюкалинск	97	95	97.94	0.7	2.87	2.96	1.07	2.72	0.22	5.92

Таблица 1.3. Результаты восстановления пропусков и приведения рядов к многолетнему периоду для рядов температуры воздуха июля для метеостанций юга Западной Сибири

Код	Наименование	Кол- во факт.	Кол- во восст.	Эффект.восст.%	Средн.погр. восст.	Стд.откл.исх.	Стд.откл.восст.	Критерий Фишера	Средн.исх.ряда	Средн.восст.ряда	Критерий Стьюдента
1	Алейская	76	110	144.74	0.38	1.42	1.33	1.14	20.51	20.26	1.21
2	Баетово	73	118	161.64	0.38	1.4	1.89	1.84	20.13	20.1	0.12
4	Бийск	88	98	111.36	0.44	1.32	1.3	1.03	19.6	19.46	0.75
5	Тогул	76	110	144.74	0.46	1.39	1.28	1.17	19.25	18.95	1.51
6	Змеиногорск	102	84	82.35	0.57	1.39	1.33	1.1	19.25	19.17	0.41
7	Камень-на-Оби	88	103	117.05	0.45	1.52	2.08	1.88	19.76	19.97	-0.78
8	Горно-Алтайск	66	120	181.82	0.45	1.16	1.14	1.04	19.35	19.1	1.42
9	Ак-Кемь	73	20	27.4	0.34	1.12	0.91	1.5	9.56	9.14	1.53
10	Кара-Тюрек	84	18	21.43	0.52	1.26	1.07	1.4	7.1	6.89	0.67
11	Кош-Агач	89	4	4.49	0.54	1.06	0.68	2.43	14.51	14.55	-0.07
12	Усть-Кокса	88	31	35.23	0.67	1.2	1.23	1.04	16.21	16.1	0.45
13	Яйлю	93	93	100	0.61	1.16	1.08	1.16	16.94	16.83	0.71
14	Чемал	73	113	154.79	0.53	1.18	1.1	1.15	18.61	18.43	1.07
15	Тюмень	139	37	26.62	0.64	1.79	2.2	1.52	18.53	19.34	-2.31
16	Вагайск	87	89	102.3	0.33	1.79	1.96	1.21	18.44	18.78	-1.19
17	Тобольск	170	5	2.94	0.83	1.87	0.94	4.01	18.51	19.08	-0.68
18	Ялуторовск	88	88	100	0.38	1.74	2.01	1.34	18.58	18.98	-1.4
19	Ярково	92	84	91.3	0.34	1.75	1.98	1.28	18.4	18.84	-1.56
20	Викулово	88	88	100	0.35	1.74	1.9	1.2	18.61	18.99	-1.4
21	Ишим	117	59	50.43	0.49	1.73	1.93	1.24	18.65	19.19	-1.89
22	Новосибирск	94	97	103.19	0.5	1.52	2.14	2	19.22	19.45	-0.88
23	Карасук	73	119	163.01	0.46	1.52	1.93	1.62	20.62	20.62	0.01
24	Северный	88	104	118.18	0.53	1.53	1.91	1.58	18.15	18.44	-1.17
25	Чистоозерный	73	119	163.01	0.45	1.62	2.05	1.61	20.04	20.05	-0.03
26	Купино	76	116	152.63	0.58	1.62	2.04	1.58	19.95	20	-0.18
27	Красноозерск	73	119	163.01	0.44	1.54	2.06	1.78	19.79	19.78	0.03
28	Колывань	73	118	161.64	0.42	1.49	2.17	2.13	19.09	19.09	-0.01
29	Кемерово	73	113	154.79	0.57	1.49	1.45	1.04	18.89	18.65	1.09
30	Барзас	73	113	154.79	0.56	1.43	1.36	1.1	18.1	17.81	1.39

31	Тайга	88	98	111.36	0.6	1.43	1.4	1.04	17.73	17.49	1.19
32	Тисуль	88	98	111.36	0.65	1.25	1.3	1.08	18.13	17.88	1.36
33	Крапивино	71	115	161.97	0.49	1.42	1.35	1.1	18.91	18.68	1.09
34	Новокузнецк	69	117	169.57	0.45	1.34	1.37	1.04	19.1	18.86	1.16
35	Усть-Кабырза	73	113	154.79	0.62	1.2	1.13	1.13	17.75	17.51	1.37
36	Большие Уки	89	87	97.75	0.34	1.65	1.92	1.34	18.07	18.52	-1.65
37	Любимовка	68	124	182.35	0.45	1.61	1.88	1.36	19.65	19.69	-0.16
38	Одесское	86	90	104.65	0.54	1.89	2.37	1.58	19.66	20.09	-1.33
39	Омск	139	37	26.62	0.58	1.77	2.07	1.36	19.26	20.46	-3.5
40	Русская Поляна	70	106	151.43	0.49	1.68	2.12	1.6	20.25	20.35	-0.32
41	Тара	123	53	43.09	0.53	2.05	1.49	1.88	18.6	18.69	-0.3
42	Тюкалинск	98	78	79.59	0.39	1.74	1.95	1.25	18.64	19.24	-2.17

Таблица 1.4. Результаты восстановления пропусков и приведения рядов к многолетнему периоду для рядов температуры воздуха октября для метеостанций юга Западной Сибири

Код	Наименование	Кол-во факт.	Кол-во восст.	Эффект.восст.%	Средн.погр.восст.	Стд.откл.исх.	Стд.откл.восст.	Критерий Фишера	Средн.исх.ряда	Средн.восст.ряда	Критерий Стьюдента
1	Алейская	76	108	142.11	0.39	1.81	1.81	1	3.62	3.22	1.47
2	Басово	73	108	147.95	0.37	1.83	1.62	1.28	3.03	2.73	1.14
4	Бийск	88	93	105.68	0.5	1.81	1.9	1.1	3.18	2.84	1.22
5	Тогул	76	101	132.89	0.42	1.96	1.79	1.2	3.02	2.86	0.56
6	Змеиногорск	103	74	71.84	0.72	1.93	1.54	1.58	3.87	3.29	2.11
7	Камень-на-Оби	88	89	101.14	0.36	1.85	1.66	1.25	2.63	2.38	0.95
8	Горно-Алтайск	66	118	178.79	0.53	1.9	1.89	1.01	3.91	3.42	1.7
9	Ак-Кемь	73	2	2.74	0.55	1.81	0.01	25048.37	-3.7	0.03	-2.88
10	Кара-Тюрек	85	1	1.18	0.96	2.01	-999.9	-999.9	-5.69	-999.9	-999.9
12	Усть-Кокса	87	46	52.87	0.84	1.51	0.94	2.56	1.01	1.29	-1.12
13	Яйлю	93	96	103.23	0.57	1.53	1.75	1.31	4.16	3.53	2.64
14	Чемал	73	109	149.32	0.63	1.59	1.7	1.15	4.67	4.12	2.19
15	Тюмень	139	30	21.58	0.56	2.42	1.95	1.55	1.92	2.39	-1.01
16	Вагайск	88	64	72.73	0.33	2.25	1.76	1.65	1.52	2.18	-1.94
17	Тобольск	172	4	2.33	0.86	2.49	1.19	4.37	0.98	1.32	-0.27
18	Ялуторовск	88	71	80.68	0.37	2.2	1.81	1.48	2.25	2.56	-0.94

19	Ярково	93	65	69.89	0.35	2.22	1.89	1.37	2.04	2.31	-0.81
20	Викулово	88	70	79.55	0.31	2.18	1.7	1.65	2.06	2.24	-0.56
21	Ишим	117	46	39.32	0.5	2.2	1.85	1.41	2	2.18	-0.49
22	Новосибирск	94	79	84.04	0.53	1.94	1.75	1.22	2.48	2.29	0.66
23	Карасук	73	105	143.84	0.45	2.05	1.66	1.52	3.03	2.7	1.15
24	Северный	88	77	87.5	0.6	2.06	1.47	1.96	1.32	1.56	-0.88
25	Чистоозерный	73	103	141.1	0.49	2.14	1.6	1.78	2.54	2.3	0.83
26	Купино	76	97	127.63	0.46	2.13	1.62	1.74	2.61	2.44	0.61
27	Красноозерск	73	104	142.47	0.42	2.09	1.67	1.56	2.71	2.44	0.96
28	Колывань	73	96	131.51	0.51	2.09	1.66	1.58	1.96	2.11	-0.52
29	Кемерово	73	96	131.51	0.59	1.93	1.68	1.33	1.97	2.05	-0.29
30	Барзас	73	87	119.18	0.64	1.99	1.71	1.35	1.36	1.8	-1.52
31	Тайга	88	62	70.45	0.72	1.97	1.64	1.44	0.66	1.48	-2.67
32	Тисуль	88	75	85.23	0.86	2.07	2.07	1	1.83	2.17	-1.06
33	Крапивино	71	99	139.44	0.54	2	1.81	1.23	2.37	2.34	0.08
34	Новокузнецк	69	105	152.17	0.58	1.87	1.72	1.18	2.4	2.36	0.14
35	Усть-Кабырза	73	92	126.03	0.55	1.54	1.26	1.48	1.32	1.44	-0.57
36	Большие Уки	89	67	75.28	0.3	2.13	1.62	1.73	1.69	1.91	-0.72
37	Любимовка	68	109	160.29	0.4	2.13	1.59	1.79	2.6	2.27	1.18
38	Одесское	86	92	106.98	0.52	2.12	1.68	1.6	2.61	2.41	0.71
39	Омск	140	40	28.57	0.67	2.21	1.61	1.88	2.35	2.03	0.85
40	Русская Поляна	70	112	160	0.44	2.13	1.67	1.64	3.19	2.62	1.97
41	Тара	125	38	30.4	0.62	2.19	1.65	1.76	1.27	1.89	-1.6
42	Тюкалинск	98	74	75.51	0.49	2.08	1.57	1.76	2.25	2.05	0.68

Приложение 2

Таблица 2.1. Результаты восстановления пропусков и приведения рядов к многолетнему периоду для рядов сумм осадков января для метеостанций юга Западной Сибири

Код	Наименование	Кол- во факт.	Кол- во восст.	Эффект.восст.%	Средн.погр. восст.	Стд.откл.исх.	Стд.откл.восст.	Критерий Фишера	Средн.исх.ряда	Средн.восст.ряда	Критерий Стьюдента
2	Баяново	68	79	116.18	7.14	10.61	13.83	1.7	17.23	15.62	0.77
3	Барнаул	147	11	7.48	4.54	16.43	5.11	10.33	22.97	15.27	1.54
4	Бийск	88	57	64.77	10.73	17.98	30.43	2.86	28.14	37.16	-2.23
5	Тогул	78	74	94.87	11.02	15.41	26.41	2.94	26.21	32.18	-1.7
6	Змеиногорск	101	28	27.72	19.49	25.54	21.07	1.47	37.05	42.01	-0.93
7	Камень-на-Оби	87	65	74.71	6.29	9.38	13.31	2.01	15.62	15.76	-0.08
8	Горно-Алтайск	35	53	151.43	6.45	9.55	6.93	1.9	10.59	8.54	1.15
9	Ак-Кемь	36	56	155.56	2.83	4.36	3.78	1.33	5.42	4.48	1.08
10	Каратюрк	83	9	10.84	7.45	10.83	5.47	3.92	13.11	7.84	1.43
12	Усть-Кокса	87	1	1.15	6.12	8.56	-999.9	-999.9	13.28	-999.9	-999.9
13	Яйлю	91	1	1.1	5.67	10.14	-999.9	-999.9	16.2	-999.9	-999.9
14	Чемал	88	4	4.55	4.14	5.48	8.67	2.5	8.54	10.37	-0.62
15	Тюмень	88	51	57.95	8.99	12.71	10.75	1.4	19.19	17.14	0.96
16	Вагай	37	97	262.16	6.91	10.67	11.99	1.26	16.03	17.36	-0.59
18	Ялуторовск	63	34	53.97	7.83	14.09	7.36	3.66	18	12.29	2.18
19	Ярково	40	83	207.5	7.16	12.1	13.69	1.28	18.2	14.96	1.26
20	Викулово	85	39	45.88	7.02	9.88	8.08	1.49	17.06	14.93	1.17
21	Ишим	88	59	67.05	6.67	9.48	8.4	1.27	15.76	12.71	1.99
22	Новосибирск	66	96	145.45	6.61	11.66	14.01	1.44	22.44	17.32	2.43
23	Карасук	85	13	15.29	9.99	14.1	18.02	1.63	13.89	20.96	-1.6
24	Северный	86	74	86.05	6.98	10.3	10.99	1.14	19.88	15.87	2.37
25	Чистоозерный	38	84	221.05	8.4	11.39	12.99	1.3	18.18	11.18	2.84
26	Купино	86	63	73.26	4.61	7.07	9.53	1.82	11.34	13.53	-1.6
27	Красноозерск	78	9	11.54	64.52	119.38	59.3	4.05	36.21	54.02	-0.44
28	Колывань	88	63	71.59	7.69	11.69	12.54	1.15	17.86	17.64	0.11
29	Кемерово	69	89	128.99	8.75	13.39	15.72	1.38	24.62	19.84	2.01
30	Барзас	43	110	255.81	10.88	16.61	19.85	1.43	31.21	23.5	2.24

31	Тайга	88	71	80.68	10.92	14.85	17.1	1.33	27.77	23.9	1.52
32	Тисуль	86	2	2.33	6.69	8.66	7.87	1.21	12.53	9.04	0.56
33	Крапивино	78	80	102.56	12.68	17.58	22.77	1.68	34.53	32.66	0.57
34	Новокузнецк	49	84	171.43	15.79	26.77	38.53	2.07	26.24	36.38	-1.61
35	Усть-Кабырза	39	104	266.67	11.72	18.17	28	2.37	28.77	29.1	-0.07
36	Большие Уки	86	61	70.93	6.41	9.84	9.41	1.09	18.21	15.58	1.61
37	Любимовка	38	72	189.47	5.78	9.41	7.57	1.55	12.39	8.8	2.15
38	Одесское	82	48	58.54	4.1	7.98	7.35	1.18	14.15	11.68	1.74
40	Русская Поляна	65	23	35.38	11.89	16.73	8.79	3.62	23.32	10.17	3.56
41	Тара	88	52	59.09	5.94	10.1	8.33	1.47	18.81	14.49	2.58
42	Тюкалинск	55	92	167.27	4.41	8.08	6.89	1.37	15.24	10.62	3.66

Таблица 2.2. Результаты восстановления пропусков и приведения рядов к многолетнему периоду для рядов сумм осадков апреля для метеостанций юга Западной Сибири

Код	Наименование	Кол-во факт.	Кол-во восст.	Эффект.восст.%	Средн.погр.восст.	Стд.откл.исх.	Стд.откл.восст.	Критерий Фишера	Средн.исх.ряда	Средн.восст.ряда	Критерий Стьюдента
1	Алейск	88	70	79.55	8.84	16.91	16.06	1.11	27.97	18.69	3.48
3	Барнаул	147	11	7.48	7.44	16.6	17.1	1.06	22.25	33.91	-2.23
4	Бийск	88	70	79.55	14.45	23.26	22.79	1.04	38.18	24.99	3.55
5	Тогул	80	78	97.5	12.58	19	19.77	1.08	32.84	24.39	2.72
6	Змеиногорск	101	57	56.44	18.69	25.47	26.08	1.05	44.25	32.43	2.76
7	Камень-на-Оби	88	70	79.55	8.01	11.19	9.24	1.47	18.47	11.72	4.03
8	Горно-Алтайск	37	99	267.57	15.33	20.89	19.4	1.16	20.78	22.96	-0.57
9	Ак-Кемь	37	51	137.84	13.16	18.78	20.28	1.17	28.73	28.6	0.03
10	Картюрек	84	6	7.14	15.23	20.3	13.1	2.4	42.38	28.53	1.63
12	Усть-Кокса	88	1	1.14	15.7	20.46	-999.9	-999.9	28.63	-999.9	-999.9
13	Яйло	91	1	1.1	20	37.25	-999.9	-999.9	69.8	-999.9	-999.9
14	Чемал	88	4	4.55	10.78	17.39	10.35	2.82	34.57	13.86	2.34
15	Тюмень	88	54	61.36	13.2	17.4	11.89	2.14	24.22	19.36	1.79
16	Вагай	39	103	264.1	10.21	16.39	14.32	1.31	21.08	20.06	0.36
17	Тобольск	142	1	0.7	12.93	16.91	-999.9	-999.9	23.97	-999.9	-999.9
18	Ялуторовск	63	27	42.86	10.5	19.37	16.72	1.34	20.62	19.36	0.29
19	Ярково	39	103	264.1	9.51	17.9	16.03	1.25	22.3	20.46	0.59

20	Викулово	85	58	68.24	11.11	15.55	12.04	1.67	24.05	18.73	2.18
21	Ишим	88	35	39.77	10.94	14.73	11.66	1.59	21.31	16.62	1.67
22	Новосибирск	66	22	33.33	5.87	11.89	10.52	1.28	22.98	17.08	2.05
23	Карасук	85	15	17.65	8.01	10.92	9.8	1.24	15.96	12.06	1.28
24	Северный	87	44	50.57	11.06	14.22	12.52	1.29	24.64	18.77	2.3
25	Чистоозерный	40	86	215	9.48	14.46	13.45	1.16	18.23	16.06	0.82
26	Купино	88	41	46.59	9.06	12.07	10.54	1.31	17.09	13.2	1.76
29	Кемерово	69	21	30.43	6.54	12.19	11.43	1.14	23.91	17.44	2.14
30	Барзас	45	82	182.22	9.54	15.1	15.2	1.01	30.22	29.46	0.27
32	Тисуль	87	1	1.15	10.42	14.96	-999.9	-999.9	28.2	-999.9	-999.9
33	Крапивино	79	9	11.39	7.74	15.57	11.18	1.94	33.87	32.16	0.32
34	Новокузнецк	47	110	234.04	12.44	18.73	15.48	1.46	28.36	20.88	2.58
35	Усть-Кабырза	40	108	270	22.89	39.84	34.32	1.35	49.67	46.79	0.43
36	Большие Уки	86	45	52.33	12.47	16.37	13.58	1.45	24.71	17.03	2.68
37	Любимовка	39	49	125.64	7.96	13.4	11.83	1.28	14.23	15.45	-0.45
38	Одесское	81	47	58.02	9.8	13.48	11.94	1.27	18.95	14.7	1.77
40	Русская Поляна	64	24	37.5	10.1	17.37	15.1	1.32	21.6	18.63	0.73
41	Тара	88	43	48.86	11.59	15.36	12.89	1.42	24.72	17.29	2.72
42	Тюкалинск	57	74	129.82	8.51	12.71	11.72	1.18	20.77	17.38	1.57

Таблица 2.3. Результаты восстановления пропусков и приведения рядов к многолетнему периоду для рядов сумм осадков июля для метеостанций юга Западной Сибири

Код	Наименование	Кол-во факт.	Кол-во восст.	Эффект.восст.%	Средн.погр.восст.	Стд.откл.исх.	Стд.откл.восст.	Критерий Фишера	Средн.исх.ряда	Средн.восст.ряда	Критерий Стьюдента
2	Басво	68	20	29.41	22.22	31.7	45.41	2.05	56.81	80.29	-2.59
3	Барнаул	147	11	7.48	25.01	35.33	19.35	3.33	64.37	57.49	0.63
5	Тогул	78	10	12.82	29.21	36.38	42.97	1.39	74.73	83.33	-0.68
6	Змеиногорск	102	55	53.92	33.97	41.63	37.24	1.25	74.2	59.92	2.11
7	Камень-на-Оби	88	14	15.91	26.15	34.47	37.3	1.17	60.76	48.9	1.17
8	Горно-Алтайск	36	48	133.33	41.13	56.54	65.85	1.36	63.89	70.09	-0.45
16	Вагай	39	49	125.64	27.33	42.02	43.33	1.06	50.59	57.92	-0.79
18	Ялуторовск	63	25	39.68	31.03	38.84	39.37	1.03	69.3	81.42	-1.3
19	Ярково	40	108	270	29.05	39.12	35.45	1.22	61.58	65.27	-0.54

20	Викулово	85	2	2.35	30.01	41.54	0.31	18078.74	79.39	67.72	0.39
22	Новосибирск	66	22	33.33	24.31	33	38.9	1.39	64	77.99	-1.62
23	Карасук	84	2	2.38	29.49	38.1	120.92	10.07	58.32	95.67	-1.23
24	Северный	87	1	1.15	37.61	47.71	-999.9	-999.9	79.23	-999.9	-999.9
25	Чистоозерный	38	50	131.58	17.34	28.35	29.42	1.08	46.29	55.33	-1.43
26	Купино	86	2	2.33	31.73	37.46	4.12	82.57	61.13	31.8	1.09
27	Красноозерск	78	6	7.69	69.97	70.35	79.93	1.29	68.17	74.33	-0.2
28	Колывань	87	1	1.15	22.01	31.29	-999.9	-999.9	66.13	-999.9	-999.9
29	Кемерово	69	17	24.64	27.47	35.69	33.52	1.13	69.22	89.14	-2.06
30	Барзас	42	44	104.76	24.59	36.88	39.59	1.15	62.79	69.41	-0.79
33	Крапивино	78	10	12.82	23.84	41.49	33.16	1.57	81.69	76.9	0.35
34	Новокузнецк	49	39	79.59	22.05	34.29	27.31	1.58	68.51	60.75	1.14
35	Усть-Кабырза	39	47	120.51	35.56	47.03	54.3	1.33	85.51	87.63	-0.19
36	Большие Уки	86	2	2.33	27.45	38.07	3.34	129.59	73.47	32.7	1.5
37	Любимовка	39	15	38.46	19.68	26.46	29.55	1.25	36.62	45.88	-1.09
38	Одесское	82	47	57.32	32.14	42.96	32.8	1.71	63.13	49.99	1.8
40	Русская Поляна	66	63	95.45	27.51	37.57	34.59	1.18	56.36	54.72	0.26
42	Тюкалинск	57	31	54.39	29.53	40.67	42.84	1.11	64.77	70.6	-0.62

Таблица 2.4. Результаты восстановления пропусков и приведения рядов к многолетнему периоду для рядов сумм осадков октября для метеостанций юга Западной Сибири

Код	Наименование	Кол-во факт.	Кол-во восст.	Эффект.восст.%	Средн.погр.восст.	Стд.откл.исх.	Стд.откл.восст.	Критерий Фишера	Средн.исх.ряда	Средн.восст.ряда	Критерий Стьюдента
1	Алейск	88	70	79.55	12.4	22.34	24.45	1.2	43.84	36.65	1.91
2	Баян	68	88	129.41	11	19.89	18.27	1.19	33.41	28.44	1.61
3	Барнаул	147	11	7.48	9.92	22.49	19.12	1.38	37.99	36.8	0.17
4	Бийск	87	71	81.61	15.17	26.2	29.66	1.28	53.8	46.38	1.66
5	Тогул	78	80	102.56	15.02	24.17	24.72	1.05	51.19	42.21	2.29
6	Змеиногорск	104	52	50	29	42.76	41.56	1.06	75.83	54.84	2.9
7	Камень-на-Оби	88	69	78.41	12.04	15.41	15.43	1	27.27	22.25	2.01
8	Горно-Алтайск	35	52	148.57	15.67	21.7	22.05	1.03	28.49	32.33	-0.79
9	Ак-Кемь	37	45	121.62	15.33	22.69	16.1	1.99	30.16	29.22	0.22

10	Каратюрек	85	3	3.53	14.4	18.96	11.69	2.63	43.69	51.59	-0.71
13	Яйлю	92	1	1.09	23.48	34.49	-999.9	-999.9	68.53	-999.9	-999.9
14	Чемал	88	5	5.68	12.96	16.38	23.11	1.99	31.88	33.99	-0.27
15	Тюмень	88	57	64.77	12.31	21.45	17.66	1.48	37.2	30.26	2.02
16	Вагай	39	106	271.79	14.36	20.85	17.99	1.34	30.9	34.78	-1.09
18	Ялutorовск	62	83	133.87	13.45	19.96	15.13	1.74	33.43	28.28	1.75
19	Ярково	40	47	117.5	15.23	20.02	14.18	1.99	29.98	37.45	-2.01
20	Викулово	84	4	4.76	22.51	45.4	59.94	1.74	39.01	53.74	-0.62
21	Ишим	88	39	44.32	12.63	16.85	14.14	1.42	30.68	26.32	1.4
22	Новосибирск	66	92	139.39	11.25	16.88	15.8	1.14	41.26	35.45	2.2
23	Карасук	86	2	2.33	7.96	14.82	11.41	1.69	25.47	9.31	1.51
24	Северный	87	44	50.57	13.47	17.66	14.12	1.56	38.6	33.01	1.81
25	Чистоозерный	38	50	131.58	6.28	12.42	11.05	1.26	23.29	20.83	0.97
27	Красноозерск	78	10	12.82	16.55	24.05	16.47	2.13	34.37	19.46	1.88
29	Кемерово	69	24	34.78	8.84	15.59	18.77	1.45	39.84	36.59	0.82
30	Барзас	44	44	100	14.56	21.98	22.7	1.07	52.45	47.49	1.03
32	Тисуль	87	1	1.15	12.02	17.96	-999.9	-999.9	36.21	-999.9	-999.9
33	Крапивино	78	80	102.56	17.99	23.64	23.86	1.02	57.17	49.45	2.03
34	Новокузнецк	51	107	209.8	12.36	21.18	19.47	1.18	42.18	39.01	0.92
35	Усть-Кабырза	39	54	138.46	22.69	38.27	39.47	1.06	66.64	57.66	1.08
36	Большие Уки	86	45	52.33	12.44	16.8	13.38	1.58	35.87	31.43	1.53
37	Любимовка	39	54	138.46	8.68	13.76	14.47	1.11	21.41	20.07	0.44
38	Одесское	83	55	66.27	9.6	16.61	12.5	1.77	26.97	21.8	1.95
40	Русская Поляна	66	74	112.12	10.48	15.97	11.77	1.84	29.02	24.34	1.97
41	Тара	88	39	44.32	12.32	16.38	13.74	1.42	37.25	32.87	1.45
42	Тюкалинск	56	74	132.14	10.55	19.6	14.12	1.93	31.13	26.57	1.53

Таблица 3.1. Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температуры воздуха января на станциях юга Западной Сибири

Станция	Параметр	Весь ряд	1960	1970	1980	1990	2000
Алейск	$\Delta_{тр}, \%$	0.4	0	0.1	1.2	0.4	0.8
	$\Delta_{ст}, \%$	1.4	0.8	1.6	4.7	2.5	5.2
	Тест	1982	2013	1995	1995	2004	2013
	Rтр	0.09	0.01	-0.04	-0.15	-0.09	0.12
Баяново	$\Delta_{тр}, \%$	0.6	0.1	0	1.4	0.8	0.4
	$\Delta_{ст}, \%$	2.3	1.5	1.5	4.6	3.6	3.5
	Тест	1981	1981	2004	1996	2004	2013
	Rтр	0.11	0.04	0	-0.17	-0.13	0.08
Барнаул	$\Delta_{тр}, \%$	4.2	0.1	0.1	1.5	0.5	0.7
	$\Delta_{ст}, \%$	3.9	1.2	2	5.2	2.7	4.8
	Тест	1959	1996	1996	1996	2004	2013
	Rтр	0.29	-0.03	-0.05	-0.17	-0.1	0.12
Бийск	$\Delta_{тр}, \%$	1.5	0	0.2	1	0.3	0.8
	$\Delta_{ст}, \%$	2.6	1.1	1.9	4.3	2.3	6.4
	Тест	1970	2013	1995	1995	2004	2013
	Rтр	0.18	0.03	-0.06	-0.14	-0.07	0.13
Тогула	$\Delta_{тр}, \%$	0.5	0.1	0.1	1.5	0.6	0.8
	$\Delta_{ст}, \%$	2.1	1.5	1.8	5.3	2.8	5.7
	Тест	1980	1980	1996	1996	2004	2013
	Rтр	0.1	0.05	-0.04	-0.17	-0.11	0.12
Змеиногорск	$\Delta_{тр}, \%$	0.2	0	0.4	1.9	1.1	0.1
	$\Delta_{ст}, \%$	1.2	1.6	2.8	4.8	3.7	3.1
	Тест	1975	2004	2004	1995	2004	2013
	Rтр	0.06	-0.03	-0.09	-0.19	-0.14	0.04
Камня-на-Оби	$\Delta_{тр}, \%$	1	0	0.1	1.8	0.7	0.4
	$\Delta_{ст}, \%$	2.1	1.1	1.9	5.5	3	3.5
	Тест	1975	2004	2004	1996	2004	2013
	Rтр	0.14	-0.01	-0.05	-0.19	-0.12	0.09
Горно-Алтайск	$\Delta_{тр}, \%$	0.5	0.3	0	0.6	0.1	1
	$\Delta_{ст}, \%$	2.2	1.8	1.3	3.3	2.5	6.1
	Тест	1970	1975	2004	1994	2013	2013
	Rтр	0.1	0.08	-0.03	-0.11	-0.03	0.14
Ак-Кемь	$\Delta_{тр}, \%$	0.2	0.1	0.8	0.9	0	2.9
	$\Delta_{ст}, \%$	1.7	1.6	3.6	4.9	3.3	8.7
	Тест	1970	1995	1995	1995	2013	2013
	Rтр	0.06	-0.03	-0.13	-0.14	-0.02	0.24
Кара-Тюрек	$\Delta_{тр}, \%$	0.1	0	0	0.3	0.2	0.8
	$\Delta_{ст}, \%$	0.6	0.5	0.8	1.8	1.5	2.4
	Тест	1975	1975	1981	1996	2013	2013
	Rтр	0.05	0	0.03	-0.08	0.07	0.13
Кош-Агач	$\Delta_{тр}, \%$	11.7	1.6	0.5	0	1.2	0.1
	$\Delta_{ст}, \%$	18.1	8.3	2	1.5	4.6	3.7
	Тест	1970	1970	2004	2004	2004	2013
	Rтр	0.47	0.18	-0.1	0.01	-0.16	0.05
Усть-Кокса	$\Delta_{тр}, \%$	4.8	0.7	0	0	0.1	0.3
	$\Delta_{ст}, \%$	6.2	1.9	1.6	1.7	2.1	4.1
	Тест	1970	2013	2013	2013	2013	2013
	Rтр	0.31	0.12	0.02	0.01	-0.03	0.08
Яйлю	$\Delta_{тр}, \%$	2	0.1	0	1.3	0.3	0.4
	$\Delta_{ст}, \%$	3.2	1.4	1.5	3.9	2.5	3.8

	Тст	1975	1981	2005	1994	2005	2013
	Rтр	0.2	0.05	-0.02	-0.16	-0.08	0.09
Чемал	Δтр, %	0.1	0.1	0.9	2.2	0.8	0.7
	Δст, %	1.4	2	3.8	6.5	4	6.4
	Тст	1970	2004	2004	1994	2004	2013
	Rтр	0.04	-0.05	-0.14	-0.21	-0.13	0.12
Тюмень	Δтр, %	1.6	2.5	1.6	0.1	0.6	0
	Δст, %	3.1	6.4	5.4	1.9	3.5	1.8
	Тст	1981	1975	1981	2006	2006	2010
	Rтр	0.18	0.22	0.18	-0.04	-0.11	0.01
Вагай	Δтр, %	2.4	2.1	1.2	0.6	0.9	0
	Δст, %	4.8	6.7	5.8	3.2	4.6	2.2
	Тст	1981	1975	1981	2006	2006	2010
	Rтр	0.22	0.2	0.16	-0.1	-0.14	-0.01
Тобольск	Δтр, %	0.8	1.7	1	0.5	0.5	0.1
	Δст, %	1.6	5.9	4.8	2.3	2.8	1.4
	Тст	1910	1975	1981	2006	2006	2010
	Rтр	0.13	0.18	0.14	-0.1	-0.1	0.05
Ялуторовск	Δтр, %	2.2	1.8	1	0.7	1.9	0
	Δст, %	4.5	6.1	5.5	3.4	5.4	2.5
	Тст	1981	1975	1981	2006	2006	2010
	Rтр	0.21	0.19	0.14	-0.11	-0.19	-0.03
Ярково	Δтр, %	2.5	3.3	2	0.2	1.7	1.8
	Δст, %	5.4	8	6.8	4.3	8.3	6.6
	Тст	1981	1975	1981	2006	2006	2010
	Rтр	0.25	0.26	0.2	-0.06	-0.18	-0.19
Викулово	Δтр, %	0.22	1.2	0.8	0.8	0.8	0.2
	Δст, %	1.6	5	4.8	3.1	3.5	1.1
	Тст	3.8	1975	1981	1996	2006	2013
	Rтр	0.15	0.15	0.13	-0.12	-0.12	0.06
Ишим	Δтр, %	0.18	1.1	0.7	0.9	1.3	0
	Δст, %	3	4.6	5.2	3.6	4.4	2.2
	Тст	4.8	1981	1981	2006	2006	2010
	Rтр	0.15	0.15	0.12	-0.13	-0.16	-0.01
Новосибирск	Δтр, %	0.25	0.1	0	1	0.3	1
	Δст, %	2	1.6	1.6	4.3	2	4.3
	Тст	3.1	1981	1981	1966	2004	2013
	Rтр	0.5	0.05	0.02	-0.14	-0.07	0.14
Карасук	Δтр, %	1.3	0.3	0.2	0.9	0.7	0.2
	Δст, %	3.5	2.3	2.8	3.2	3	2.2
	Тст	1983	1983	1981	1996	2006	2013
	Rтр	0.16	0.08	0.06	-0.13	-0.11	0.06
Северный	Δтр, %	1.7	0.3	0.1	1	0.3	0.6
	Δст, %	3.2	2.2	2.4	4	2.2	1.5
	Тст	1975	1981	1981	1996	2006	2013
	Rтр	0.19	0.08	0.05	-0.14	-0.08	0.11
Чистоозерный	Δтр, %	1.1	0.2	0.1	1.3	0.5	0.3
	Δст, %	3.6	2.4	2.5	4	2.6	1.7
	Тст	1975	1975	1981	1995	2006	2013
	Rтр	0.15	0.07	0.04	-0.16	-0.1	0.07
Купино	Δтр, %	0.4	0.1	0	1.5	0.7	0.1
	Δст, %	2.3	1	2.3	4.2	3	1.6
	Тст	1981	1981	1981	1995	2006	2013
	Rтр	0.09	0.05	0.03	-0.17	-0.12	0.05
Красноозерск	Δтр, %	1	0.2	0	1.5	0.7	0.3
	Δст, %	3.2	1.9	2	4.5	2.8	2.5
	Тст	1975	1975	1980	1996	2004	2013
	Rтр	0.14	0.06	0.02	-0.17	-0.12	0.08
Колывань	Δтр, %	0.8	0.3	0.2	0.4	0.1	1.1

	$\Delta_{ст}, \%$	2.2	1.6	1.7	2.8	1.5	3.7
	Тст	1981	1981	1981	1996	2006	2013
	Rтр	0.12	0.08	0.06	-0.08	-0.05	0.15
	$\Delta_{тр}, \%$	0.6	0.2	0	0.4	0.3	1.1
Кемерово	$\Delta_{ст}, \%$	2.1	1.7	1.3	3	2.3	4.7
	Тст	1983	1983	1983	1996	2004	2013
	Rтр	0.11	0.07	0.02	-0.09	-0.08	0.15
	$\Delta_{тр}, \%$	0.5	0.2	0	0.7	0.3	0.3
Барзас	$\Delta_{ст}, \%$	1.8	1.5	1.3	2.9	2.3	2.6
	Тст	1983	1983	1983	1996	2006	2013
	Rтр	0.1	0.06	0.03	-0.12	-0.08	0.08
	$\Delta_{тр}, \%$	0.8	0.2	0.1	0.6	0.1	1.1
Тайга	$\Delta_{ст}, \%$	1.7	1.3	1.3	3.6	1.3	3.5
	Тст	1981	1981	1981	1996	2006	2013
	Rтр	0.13	0.06	0.03	-0.11	-0.05	0.15
	$\Delta_{тр}, \%$	1.2	0	0.1	0.8	0.6	0.3
Тисуль	$\Delta_{ст}, \%$	4.6	1	1.5	3.1	2.5	2.3
	Тст	1948	2006	2006	1996	2006	2013
	Rтр	0.15	-0.02	-0.05	-0.13	-0.11	0.08
	$\Delta_{тр}, \%$	0.9	0.3	0	0.3	0.5	0.1
Крапивино	$\Delta_{ст}, \%$	2.6	1.9	1.5	2.5	3.1	2.2
	Тст	1983	1983	1983	2004	2004	2013
	Rтр	0.13	0.08	0.03	-0.08	-0.1	0.04
	$\Delta_{тр}, \%$	0.6	0	0.3	1.9	0.9	0.2
Новокузнецк	$\Delta_{ст}, \%$	2.6	1.3	1.9	4.9	2.8	2.8
	Тст	1970	1975	1996	1996	2004	2013
	Rтр	0.11	0.03	-0.08	-0.19	-14	0.06
	$\Delta_{тр}, \%$	2.7	0.9	0	0.3	0	0.4
Усть-Кабырза	$\Delta_{ст}, \%$	4.7	2.6	1.5	2.5	2.4	4.9
	Тст	1970	1978	2013	2004	2013	2013
	Rтр	0.23	0.13	0.02	-0.08	-0.01	0.09
	$\Delta_{тр}, \%$	1.6	0.6	0.4	1.2	0.7	0.3
Большие Уки	$\Delta_{ст}, \%$	2.6	3.8	3.8	4.2	3.2	1.3
	Тст	1975	1975	1981	1996	2006	2013
	Rтр	0.18	0.11	0.09	-0.15	-0.12	0.08
	$\Delta_{тр}, \%$	0.4	0.1	0	1.5	0.6	0.1
Любимовка	$\Delta_{ст}, \%$	2.4	1.9	2.3	4.3	2.8	1.3
	Тст	1975	1975	1981	1995	2006	2013
	Rтр	0.08	0.04	0.03	-0.17	-0.11	0.04
	$\Delta_{тр}, \%$	2.1	0.3	0.2	0.7	0.6	0.1
Одесское	$\Delta_{ст}, \%$	3.6	2.2	2.8	2.9	2.9	1.4
	Тст	1975	1981	1981	2006	2006	2013
	Rтр	0.2	0.08	0.07	-0.12	-0.11	0.03
	$\Delta_{тр}, \%$	4.5	0.5	0.3	0.9	0.4	0.02
Омск	$\Delta_{ст}, \%$	5.2	2.9	3.1	3.6	2.6	1.5
	Тст	1975	1975	1981	1995	2006	2013
	Rтр	0.3	0.1	0.07	-0.13	-0.09	0.06
	$\Delta_{тр}, \%$	1.2	0.3	0.1	0.9	0.6	0.1
Русская Поляна	$\Delta_{ст}, \%$	3.5	2.3	2.6	3.1	2.9	1.5
	Тст	1975	1981	1981	1995	2004	2013
	Rтр	0.15	0.08	0.05	-0.13	-0.11	0.04
	$\Delta_{тр}, \%$	2.9	0.4	0.2	1.2	0.4	0.1
Тара	$\Delta_{ст}, \%$	4.6	3.3	2.7	4.6	2.6	1.5
	Тст	1975	1975	1981	1996	2006	2013
	Rтр	0.24	0.09	0.06	-0.15	-0.09	0.04
	$\Delta_{тр}, \%$	1.8	0.2	0	1.9	1.2	0.8
Тюкалинск	$\Delta_{ст}, \%$	3.6	2.9	2.8	5.1	4.2	1.9
	Тст	1975	1975	981	1996	2006	2013
	Rтр	0.19	0.06	0.03	-0.19	-0.16	0.12
	$\Delta_{тр}, \%$						

Таблица 3.2. Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температуры воздуха апреля на станциях юга Западной Сибири

Станция	Параметр	Весь ряд	1960	1970	1980	1990	2000
Алейск	$\Delta_{гр}, \%$	10.8	9.8	5.8	8.5	4.6	3
	$\Delta_{ст}, \%$	10.7	11	10.5	12.3	10	8.5
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.45	0.43	0.34	0.4	0.3	0.24
Басово	$\Delta_{гр}, \%$	11	9.5	7.1	11.4	6.1	5.2
	$\Delta_{ст}, \%$	11.8	12.2	12.4	14.5	12.5	13.3
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.46	0.43	0.37	0.46	0.34	0.32
Барнаул	$\Delta_{гр}, \%$	11.6	10	7	10.2	5.4	4.9
	$\Delta_{ст}, \%$	10.4	12.4	12.5	14.3	12.2	10.9
	Тст	1938	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.47	0.44	0.37	0.44	0.32	0.31
Бийск	$\Delta_{гр}, \%$	10.3	9.6	3.9	6	4.3	2.5
	$\Delta_{ст}, \%$	9.8	9.7	9	10.8	10.2	7.1
	Тст	1967	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.44	0.43	0.28	0.34	0.29	0.22
Тогула	$\Delta_{гр}, \%$	14.9	13.3	8.3	11	5.9	4.6
	$\Delta_{ст}, \%$	13.4	13.5	13.2	14.4	12.3	10.2
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.53	0.5	0.4	0.46	0.34	0.3
Змеиногорск	$\Delta_{гр}, \%$	9.9	11.9	6.8	9.4	5.2	2.2
	$\Delta_{ст}, \%$	8.8	11	10.2	11.5	8.8	6.4
	Тст	1997	1997	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.43	0.47	0.36	0.42	0.32	0.21
Камня-на-Оби	$\Delta_{гр}, \%$	8.8	10.1	7.4	12.6	7	7.1
	$\Delta_{ст}, \%$	11.2	13.7	13.9	16.7	15	14.4
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.41	0.44	0.38	0.49	0.37	0.37
Горно-Алтайск	$\Delta_{гр}, \%$	15	14.4	8.2	10.9	6.2	1.3
	$\Delta_{ст}, \%$	13.3	12.9	12.7	13.9	11.6	6.3
	Тст	1997	1997	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.53	0.52	0.4	0.45	0.35	0.16
Ак-Кемь	$\Delta_{гр}, \%$	12.4	8.9	7.4	9.7	5.9	2.2
	$\Delta_{ст}, \%$	12.7	10.7	10.3	11.7	8.3	7
	Тст	1997	1997	1997	1997	2007	2011
	Rтр	0.48	0.41	0.38	0.43	0.34	0.21
Кара-Тюрек	$\Delta_{гр}, \%$	3.6	6.3	5.8	8.3	5	3.2
	$\Delta_{ст}, \%$	8	9.3	9.7	10.8	8.5	7.2
	Тст	2007	1997	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.26	0.41	0.34	0.4	0.31	0.25
Кош-Агач	$\Delta_{гр}, \%$	12.7	10.6	5.7	7.6	4.1	1.1
	$\Delta_{ст}, \%$	11.3	11.2	8.6	9.6	7.1	5.1
	Тст	1997	1997	2004	2004	2004	2011
	Rтр	0.49	0.45	0.33	0.38	0.28	0.15
Усть-Кокса	$\Delta_{гр}, \%$	10.2	8.2	5.8	6	2.8	1
	$\Delta_{ст}, \%$	10.6	9.6	8	8.1	6	5.2
	Тст	1997	1997	1997	2007	2007	2011
	Rтр	0.4	0.4	0.34	0.34	0.24	0.14
Яйлю	$\Delta_{гр}, \%$	4.6	7.8	4	5.8	2.9	1.3
	$\Delta_{ст}, \%$	7.4	9.5	8.7	9.7	8.5	5.5
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011

	Rтр	0.3	0.39	0.28	0.34	0.24	0.16
Чемал	Δтр, %	13.4	10.5	6.2	8.6	6	1.8
	Δст, %	12.6	11.7	11.8	13.3	12.7	6.8
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.5	0.45	0.35	0.4	0.34	0.19
Тюмень	Δтр, %	4.6	2.4	1.6	3.2	2.1	4.1
	Δст, %	4.3	4.4	4.3	5.5	5.2	8.8
	Тст	2007	2010	2010	2010	2010	2010
	Rтр	0.3	0.22	0.18	0.25	0.2	0.28
Вагай	Δтр, %	2.3	3.6	2.7	5.2	3.3	7.5
	Δст, %	5.6	6.8	6.8	8.3	7.6	14.1
	Тст	2010	2010	2010	2010	2010	2010
	Rтр	0.21	0.26	0.23	0.32	0.25	0.38
Тобольск	Δтр, %	4.8	2.9	2.4	5	3.9	7.4
	Δст, %	4.7	6.5	6.8	8.7	8.3	14
	Тст	1906	2007	2010	2007	2010	2010
	Rтр	0.3	0.24	0.22	0.31	0.28	0.38
Ялуторовск	Δтр, %	3.1	2.3	1.6	3.3	2.2	4.3
	Δст, %	4.3	4.4	4.2	5.6	5.4	8.5
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2010
	Rтр	0.25	0.21	0.18	0.26	0.21	0.29
Ярково	Δтр, %	2.4	2.6	2.1	4.5	3.8	5.6
	Δст, %	4.9	5.7	5.7	7.4	7.4	10.8
	Тст	2007	2007	2010	2007	2007	2010
	Rтр	0.22	0.23	0.2	0.3	0.27	0.33
Викулово	Δтр, %	3.6	5	3.4	5.6	3.6	7
	Δст, %	6.1	7.2	7	8.2	7.2	12.7
	Тст	1936	2007	2007	2007	2007	2010
	Rтр	0.26	0.31	0.26	0.33	0.26	0.37
Ишим	Δтр, %	11.7	4.1	2.9	4.3	3.1	5.5
	Δст, %	9.6	5.3	5.2	6	5.5	9.1
	Тст	1931	2007	2007	2007	2007	2010
	Rтр	0.47	0.28	0.24	0.26	0.25	0.33
Новосибирск	Δтр, %	6.3	8.7	5.9	9.9	4.8	8.3
	Δст, %	9.2	12.1	12.3	14.4	12.5	15.5
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.35	0.41	0.34	0.43	0.31	0.4
Карасук	Δтр, %	10.6	8.6	7.7	12	5.3	4.3
	Δст, %	11.4	11.8	12.3	14.3	11.2	10.3
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.45	0.41	0.38	0.47	0.32	0.29
Северный	Δтр, %	4.3	7.2	6	8.6	4.8	7.9
	Δст, %	9.1	11.4	11.8	12.9	11.7	13.1
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2010
	Rтр	0.29	0.37	0.34	0.41	0.31	0.39
Чистоозерный	Δтр, %	9.8	7.8	6.7	9.4	4.8	5.7
	Δст, %	10.8	11	11.6	12.7	10.7	10.1
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.43	0.39	0.36	0.42	0.31	0.33
Купино	Δтр, %	9.9	6.8	5.6	9.4	4.8	5
	Δст, %	10.4	10.2	10.9	12.8	10.7	9.8
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.43	0.36	0.33	0.42	0.31	0.31
Красноозерск	Δтр, %	11	8.9	7.6	12.3	7.4	7.6
	Δст, %	12.8	13.4	14.3	16.7	15	14.8
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.46	0.41	0.38	0.48	0.38	0.38
Колывань	Δтр, %	11.4	10.1	7.8	12.9	6.7	8.5
	Δст, %	14.1	14.2	14.7	16.9	14.9	14.3

	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.46	0.44	0.39	0.49	0.36	0.4
Кемерово	Δтр, %	11.8	10.9	7.3	11.3	6.6	9.6
	Δст, %	14.1	13.5	13.7	15.3	14.2	16.9
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.47	0.45	0.38	0.46	0.36	0.43
Барзас	Δтр, %	11.8	10.3	7.3	10	5	6.2
	Δст, %	12.7	12	12	12.6	10.7	13.3
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.47	0.44	0.37	0.44	0.31	0.35
Тайга	Δтр, %	4.7	9	6.9	10.9	6.7	9.8
	Δст, %	10.4	13.4	13.8	15.3	14.2	17
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.3	0.41	0.36	0.45	0.36	0.43
Тисуль	Δтр, %	5	13.03	8	11	6.6	6.3
	Δст, %	10.7	13.9	14	14.6	13.2	13.1
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.31	0.44	0.39	0.46	0.36	0.37
Крапивино	Δтр, %	13.5	10.6	7.3	10.2	6.5	6.8
	Δст, %	13.7	12.9	12.9	13.8	12.6	14.3
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.5	0.45	0.38	0.44	0.37	0.36
Новокузнецк	Δтр, %	8.5	8.7	6.9	10.3	6.9	6.5
	Δст, %	13.3	13.2	13.7	15.6	14.8	13.2
	Тст	2007	2007	2007	200.7	2007	2011
	Rтр	0.4	0.41	0.37	0.44	0.37	0.35
Усть-Кабырза	Δтр, %	11.3	9.3	5.2	6.8	3.1	1.9
	Δст, %	10.1	9.4	8.7	9.4	7.4	6.6
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.46	0.42	0.32	0.36	0.25	0.2
Большие Уки	Δтр, %	4.5	4.9	3.9	6.7	4	7.8
	Δст, %	7.3	8.2	8.4	9.9	8.7	14.2
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2010
	Rтр	0.3	0.31	0.28	0.36	0.28	0.39
Любимовка	Δтр, %	8.4	5.5	4.7	8	4.2	5.5
	Δст, %	9.6	8.7	9.3	11	9.2	10.2
	Тст	2007	2007	200.7	2007	2007	2011
	Rтр	0.4	0.33	0.3	0.39	0.29	0.33
Одесское	Δтр, %	5.3	5.1	4.3	8.1	4.9	6.3
	Δст, %	7.7	8.4	8.9	11.2	9.4	10
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.32	0.32	0.29	0.39	0.31	0.35
Омск	Δтр, %	14.1	4.6	4	7.6	5	6.5
	Δст, %	12.3	8.2	8.8	10.9	9.6	11.3
	Тст	1938	2007	2007	2007	2007	2010
	Rтр	0.51	0.3	0.28	0.38	0.31	0.35
Русская Поляна	Δтр, %	10.6	5.9	4.7	8.1	4.9	4.1
	Δст, %	9.6	8.5	9	10.9	8.9	8.8
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rтр	0.45	0.34	0.3	0.39	0.31	0.28
Тара	Δтр, %	6.1	5.7	4.3	7.6	4.5	7.9
	Δст, %	8.2	9.3	9.5	11.2	10	14
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2010
	Rтр	0.34	0.33	0.29	0.38	0.3	0.39
Тюкалинск	Δтр, %	5.5	4	3	5.6	4	7.9
	Δст, %	6.1	6.4	6.6	8.3	7.8	12.2
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2010
	Rтр	0.33	0.28	0.24	0.33	0.28	0.39

Таблица 3.3. Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температуры воздуха июля на станциях юга Западной Сибири

Станция	Параметр	Весь ряд	1960	1970	1980	1990	2000
Алейск	$\Delta_{тр}, \%$	0.2	0.2	0.6	0	1.2	5.5
	$\Delta_{ст}, \%$	1.6	2.7	2.7	3.6	9.7	6.7
	Тест	2000	1970	1985	2000	2000	2012
	Rтр	-0.07	-0.06	0.11	-0.01	-0.15	0.33
Баян-Ор	$\Delta_{тр}, \%$	0.1	0.2	0.2	0.4	2.4	4.1
	$\Delta_{ст}, \%$	2	2.7	2.6	5.6	11.5	6.4
	Тест	2000	2000	1986	2000	2000	2012
	Rтр	-0.05	-0.07	0.06	-0.09	-0.22	0.28
Барнаул	$\Delta_{тр}, \%$	0.4	0.1	1.5	0	2.1	4
	$\Delta_{ст}, \%$	0.8	3.4	5.1	2.4	10.6	5.8
	Тест	1915	1970	1986	2000	2000	2012
	Rтр	0.09	-0.03	0.17	0.03	-0.2	0.28
Бийск	$\Delta_{тр}, \%$	2.7	0.5	2	0	3.5	2.5
	$\Delta_{ст}, \%$	4.6	3.2	7.6	2.9	12.9	2.8
	Тест	1986	1986	1986	1990	2000	2012
	Rтр	0.23	0.1	0.2	0.03	-0.26	0.22
Тогучин	$\Delta_{тр}, \%$	0.7	0.2	1.8	1	1.2	4.7
	$\Delta_{ст}, \%$	1.8	1.2	4.5	4.6	8.6	6.4
	Тест	1962	1990	1986	1990	2000	2012
	Rтр	0.12	0.06	0.19	0.14	-0.15	0.3
Змеиногорск	$\Delta_{тр}, \%$	0.6	0.1	1.7	0.4	0.9	6.4
	$\Delta_{ст}, \%$	1.1	1	4.1	2.6	9.5	4.4
	Тест	1950	1970	1986	1990	2000	2012
	Rтр	0.11	0.05	0.18	0.09	-0.14	0.35
Камня-на-Оби	$\Delta_{тр}, \%$	1.4	0	2	0.2	1.2	2.8
	$\Delta_{ст}, \%$	3.6	3	5.5	1.8	7.2	4.1
	Тест	1950	1970	1986	1990	2000	2012
	Rтр	0.16	-0.1	0.2	0.07	-0.15	0.24
Горно-Алтайск	$\Delta_{тр}, \%$	1.4	1.4	3.7	0.5	2.7	2.7
	$\Delta_{ст}, \%$	4.2	4.2	8.6	5.3	10.4	2.6
	Тест	1990	1990	1986	1990	2000	2012
	Rтр	0.17	0.16	0.27	0.1	-0.23	0.23
Ак-Кемь	$\Delta_{тр}, \%$	14.4	13.3	13.3	9.2	0	1.9
	$\Delta_{ст}, \%$	18	17.1	17.3	17.1	1.1	1.7
	Тест	1990	1990	1990	1990	2000	2012
	Rтр	0.52	0.5	0.5	0.42	0.01	0.19
Кара-Тюрек	$\Delta_{тр}, \%$	6.3	7.9	9.2	6.9	0.1	2.1
	$\Delta_{ст}, \%$	9.2	9.7	11.5	11.6	0.9	1.5
	Тест	1991	1991	1991	1991	2005	2012
	Rтр	0.35	0.38	0.42	0.37	0.05	0.21
Кош-Агач	$\Delta_{тр}, \%$	14.7	17.3	18.9	14.9	1.3	0
	$\Delta_{ст}, \%$	20.7	21.7	22.2	20.9	3.3	0.2
	Тест	1990	1990	1990	1990	2004	2013
	Rтр	0.52	0.56	0.59	0.52	0.16	0.02
Усть-Кокса	$\Delta_{тр}, \%$	5.6	3.1	6.2	3.2	0	4.2
	$\Delta_{ст}, \%$	6.5	4.7	8.3	6.3	2.9	3.6
	Тест	1986	1991	1986	1991	2000	2012
	Rтр	0.33	0.25	0.35	0.25	-0.01	0.29
Яйлю	$\Delta_{тр}, \%$	5.5	4.4	8.6	5.4	0.4	1
	$\Delta_{ст}, \%$	8.9	8.4	13.7	12.7	2.9	2.2
	Тест	1989	1989	1989	1990	2000	2012

	Rтр	0.33	0.29	0.41	0.32	-0.09	0.14
Чемал	Δтр, %	6.3	7.3	12.5	7.6	0.8	6
	Δст, %	8.4	9	12.9	9.6	2.8	5.6
	Тст	1991	1991	1991	1991	2005	2012
	Rтр	0.35	0.38	0.48	0.38	0.13	0.34
Тюмень	Δтр, %	0.1	1.5	3.6	1.2	1.8	3.7
	Δст, %	1.6	2.9	5.1	1.2	1.5	1.5
	Тст	1987	1987	1987	1998	2007	2012
	Rтр	0.05	0.18	0.26	0.15	0.19	0.27
Вагай	Δтр, %	4.4	0.7	2.6	0.4	0.1	3.9
	Δст, %	6.5	3	6.5	0.4	0.6	2.4
	Тст	1951	1987	1987	2012	2000	2012
	Rтр	0.29	0.12	0.23	0.09	0.04	0.28
Тобольск	Δтр, %	0.2	0.1	1.1	0.2	0.1	2.2
	Δст, %	2	1.6	4	0.3	0.4	1.6
	Тст	1858	1987	1987	1991	2012	2012
	Rтр	-0.07	0.05	0.15	0.05	0.04	0.21
Ялуторовск	Δтр, %	4.5	1.1	2.5	0.5	1	2.5
	Δст, %	5.7	2.5	4.5	0.7	0.6	0.7
	Тст	1951	1987	1987	1998	2007	2012
	Rтр	0.3	0.15	0.22	0.1	0.14	0.22
Ярково	Δтр, %	3.8	0.8	2.6	0.7	1.2	4.7
	Δст, %	6	2.3	4.7	0.8	1.6	2
	Тст	1950	1987	1987	2007	2007	2012
	Rтр	0.27	0.13	0.23	0.12	0.15	0.3
Викулово	Δтр, %	4.8	1	2.3	0.3	0.2	5
	Δст, %	6.2	2.9	5.2	0.4	0.7	2.6
	Тст	1950	1987	1987	2012	2000	2012
	Rтр	0.31	0.14	0.21	0.08	0.06	0.31
Ишим	Δтр, %	0.1	0.3	2.4	0.2	0.3	5.9
	Δст, %	2.1	1.7	5.3	0.6	0.8	2.6
	Тст	1987	1987	1987	2001	2001	2012
	Rтр	0.05	0.07	0.22	0.06	0.08	0.34
Новосибирск	Δтр, %	1.9	0.1	3	0.4	0.4	7
	Δст, %	3.6	2.1	6.3	1.5	6.6	9.6
	Тст	1950	1970	1986	2012	2000	2012
	Rтр	0.19	0.05	0.24	0.09	-0.09	0.37
Карасук	Δтр, %	0	0.1	2.1	0.2	0.1	8.6
	Δст, %	0.9	1.3	5.2	2	6	9.4
	Тст	1987	1987	1987	2000	2000	2012
	Rтр	0.03	0.05	0.2	0.07	-0.05	0.41
Северный	Δтр, %	1.6	0.1	1.6	0.1	0.5	6
	Δст, %	3.8	1.4	4.8	1.9	5.9	7.4
	Тст	1950	1987	1987	2000	2000	2012
	Rтр	0.18	0.5	0.18	0.04	-0.1	0.34
Чистоозерный	Δтр, %	0		0.8	0	0.1	7.4
	Δст, %	1	1.3	2.8	2.6	5.2	8.1
	Тст	1962	1970	1983	2000	2000	2012
	Rтр	0.02	0.01	0.13	0.01	-0.05	0.38
Купино	Δтр, %	0.1	0	0.6	0	0.3	7.3
	Δст, %	1.3	1.7	2.5	3.1	6.4	8
	Тст	2000	1970	1983	2000	2000	2012
	Rтр	-0.04	-0.02	0.11	-0.01	-0.08	0.37
Красноозерск	Δтр, %	0.1	0.1	2	0	0.4	7.3
	Δст, %	1	1.3	5.2	2.5	6.9	9.4
	Тст	1986	1970	1982	2000	2000	2012
	Rтр	0.04	0.05	0.2	0.03	-0.09	0.38
Колывань	Δтр, %	0.1	0	1.8	0.3	0.7	5
	Δст, %	0.7	1.8	4.4	1.6	6.9	7.5

	Тст	1986	1970	1986	1990	2000	2012
	Rтр	0.03	0.02	0.19	0.08	-0.12	0.31
Кемерово	Δтр, %	1.7	1	4.1	1.3	1.4	2.6
	Δст, %	3.6	3.1	7.9	6	7.4	5.3
	Тст	1989	1989	1989	1990	2000	2012
	Rтр	0.18	0.14	0.28	0.16	-0.16	0.23
Барзас	Δтр, %	0.4	0.4	3	0.9	1.9	0.9
	Δст, %	2	2.2	6.7	5	6.4	4.2
	Тст	1989	1989	1985	1990	2000	2012
	Rтр	0.09	0.09	0.24	0.13	-0.19	0.14
Тайга	Δтр, %	0.1	0	1.8	0.6	1	4.7
	Δст, %	1.5	2.9	4.2	3	7.5	8.6
	Тст	1948	1970	1986	1990	2000	2012
	Rтр	0.05	-0.01	0.19	0.11	-0.14	0.3
Тисуль	Δтр, %	0.9	0.6	2.8	0.6	3	0.4
	Δст, %	2.4	2.8	7.4	5.2	7.1	1.4
	Тст	1989	1989	1985	1990	2000	2012
	Rтр	0.14	0.11	0.23	0.11	-0.24	0.09
Крапивино	Δтр, %	1	0.3	2	0.4	1.7	2.1
	Δст, %	2.3	1.5	5	3.4	7.9	5
	Тст	1964	1989	1985	1990	2000	2012
	Rтр	0.14	0.07	0.2	0.09	-0.19	0.21
Новокузнецк	Δтр, %	0.1	0.3	0.9	0.3	2.4	3.4
	Δст, %	2.3	4	3.4	3.8	11.2	5.3
	Тст	1970	1970	1986	1990	2000	2012
	Rтр	-0.05	-0.07	0.13	0.08	-0.22	0.26
Усть-Кабырза	Δтр, %	5.3	4.8	8.4	4.3	2	0.3
	Δст, %	10.7	10.7	16	14.9	5.5	0.5
	Тст	1990	1990	1990	1990	2000	2010
	Rтр	0.32	0.31	0.4	0.29	-0.2	0.07
Большие Уки	Δтр, %	4	0.6	2.1	0.4	0	7
	Δст, %	5.4	2.2	5.1	0.7	1.9	5.2
	Тст	1950	1987	1987	2012	2000	2012
	Rтр	0.28	0.11	0.2	0.09	0.02	0.37
Любимовка	Δтр, %	0.3	0	0.9	0	0	6.7
	Δст, %	0.9	1.2	2.4	2.1	3.5	6.8
	Тст	1987	1970	1983	2000	2000	2012
	Rтр	0.08	0.01	0.13	0.01	-0.01	0.36
Одесское	Δтр, %	2.8	0.1	1.3	0.1	0.5	9.6
	Δст, %	5.2	0.8	2.4	1.4	1.6	5.2
	Тст	1950	1970	1983	2001	2001	2012
	Rтр	0.23	0.05	0.16	0.04	0.1	0.43
Омск	Δтр, %	0.4	0.3	1.8	0.2	0.4	7.9
	Δст, %	1.6	1	3.5	0.9	1.4	5.5
	Тст	1962	1987	1987	2001	2001	2012
	Rтр	0.09	0.07	0.19	0.07	0.08	0.39
Русская Поляна	Δтр, %	0.6	0.1	1	0.1	0.9	8.9
	Δст, %	1.8	0.7	1.9	1.2	1.9	5.8
	Тст	1965	1970	1981	2000	2012	2012
	Rтр	0.11	0.04	0.14	0.04	0.13	0.41
Тара	Δтр, %	3.6	0.1	1.2	0.1	0.2	6.1
	Δст, %	17.6	1.4	4.6	1.2	3.7	5.1
	Тст	1888	1987	1987	2000	2000	2012
	Rтр	-0.27	0.04	0.16	0.05	-0.06	0.34
Тюкалинск	Δтр, %	3.1	0.3	1.6	0.2	0.1	8.9
	Δст, %	4.3	1.4	3.8	1	1.8	4.7
	Тст	1948	1987	1987	2000	2000	2012
	Rтр	0.25	0.08	0.18	0.06	0.04	0.41

Таблица 3.4. Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температуры воздуха октября на станциях юга Западной Сибири

Станция	Параметр	Весь ряд	1960	1970	1980	1990	2000
Алейск	$\Delta_{тр}, \%$	5.4	8.5	4.8	1.6	0	1.2
	$\Delta_{ст}, \%$	7.1	8.9	6.2	2.6	1	0.5
	Тест	1989	1977	1989	1997	2004	2012
	Rтр	0.33	0.4	0.31	0.18	0.03	0.15
Баяново	$\Delta_{тр}, \%$	7.1	8.6	5.6	1.2	0.1	2.6
	$\Delta_{ст}, \%$	9.3	10.7	8.1	3.1	2.3	0.6
	Тест	1978	1978	1989	1990	2000	2010
	Rтр	0.37	0.41	0.33	0.15	-0.04	0.23
Барнаул	$\Delta_{тр}, \%$	6.6	9.5	5.5	1.2	0	1.2
	$\Delta_{ст}, \%$	7.8	10.8	7.6	2.7	1.2	0.6
	Тест	1916	1978	1988	1990	2012	2012
	Rтр	0.36	0.43	0.33	0.16	-0.01	0.15
Бийск	$\Delta_{тр}, \%$	5	7.3	3.4	0.5	0.1	1.2
	$\Delta_{ст}, \%$	7.5	9.2	5.8	1.5	1.3	0.5
	Тест	1982	1977	1982	1990	2000	2012
	Rтр	0.31	0.37	0.26	0.1	-0.04	0.16
Тогула	$\Delta_{тр}, \%$	7.5	10	6.1	1.3	0.1	1.3
	$\Delta_{ст}, \%$	10.6	11.5	9	3.4	1.3	0.5
	Тест	1989	1982	1989	1990	2000	2012
	Rтр	0.38	0.44	0.34	0.16	-0.04	0.16
Змеиногорск	$\Delta_{тр}, \%$	2.2	6.3	2	0.6	0.3	0.9
	$\Delta_{ст}, \%$	3.3	7.8	4.2	2.7	2.3	0.2
	Тест	1989	1977	1989	1990	2000	2010
	Rтр	0.21	0.35	0.2	0.11	-0.08	0.14
Камня-на-Оби	$\Delta_{тр}, \%$	4.8	9.4	5.5	1.3	0	2.2
	$\Delta_{ст}, \%$	7.5	11	7.2	2.8	1.3	0.4
	Тест	1988	1977	1988	1990	2000	2010
	Rтр	0.31	0.42	0.33	0.16	-0.01	0.21
Горно-Алтайск	$\Delta_{тр}, \%$	6.6	7.7	4.5	1.1	0.1	1.8
	$\Delta_{ст}, \%$	8.7	9.4	7.6	2.8	1.5	0.6
	Тест	1989	1989	1989	1990	2000	2010
	Rтр	0.36	0.38	0.3	0.15	-0.03	0.19
Ак-Кемь	$\Delta_{тр}, \%$	3.3	5.1	1.6	1.1	0.2	0.8
	$\Delta_{ст}, \%$	5.6	6.8	4.2	3.8	1.2	0.1
	Тест	1989	1989	1989	1990	2000	2011
	Rтр	0.26	0.32	0.18	0.15	-0.07	0.13
Кара-Тюрек	$\Delta_{тр}, \%$	2.4	5.6	1.7	0.8	0.9	0.3
	$\Delta_{ст}, \%$	5.7	8.1	5.1	4.8	2.4	1.3
	Тест	1989	1989	1989	1990	2012	2012
	Rтр	0.22	0.33	0.18	0.13	-0.14	0.07
Кош-Агач	$\Delta_{тр}, \%$	8.1	8.6	4	3.8	0	4.8
	$\Delta_{ст}, \%$	9.5	9.2	6.9	6.8	1	3.7
	Тест	1989	1989	1989	1990	2009	2011
	Rтр	0.39	0.41	0.28	0.27	0.03	0.31
Усть-Кокса	$\Delta_{тр}, \%$	4.4	6	2	0.7	0	1.9
	$\Delta_{ст}, \%$	6	7.2	3.9	1.9	1	0.5
	Тест	1988	1977	1988	1990	2000	2011
	Rтр	0.29	0.34	0.2	0.12	-0.02	0.2
Яйлю	$\Delta_{тр}, \%$	2.2	8.8	4.9	1.4	0.2	1
	$\Delta_{ст}, \%$	6.4	11.4	8.8	4.4	1.6	0.4
	Тест	1989	1989	1989	1990	2000	2010

	Rтр	0.21	0.41	0.31	0.17	-0.07	0.14
Чемал	Δтр, %	4.3	6.8	3.4	1.7	0	4.6
	Δст, %	7	8.7	6.5	3.8	1.9	2.2
	Тст	1989	1989	1989	1990	2000	2011
	Rтр	0.29	0.36	0.26	0.18	-0.03	0.3
Тюмень	Δтр, %	3	10.1	7	1.3	0.1	1.2
	Δст, %	5.7	12.6	10.3	4.7	3.3	3
	Тст	1991	1980	1991	1991	2013	2013
	Rтр	0.24	0.44	0.37	0.16	-0.04	0.16
Вагай	Δтр, %	5.7	12.1	9.2	2.9	0.1	1.9
	Δст, %	10.3	13.9	12.1	6.1	2.2	2.5
	Тст	1991	1991	1991	1991	2013	2013
	Rтр	0.33	0.48	0.42	0.24	0.04	0.19
Тобольск	Δтр, %	3.3	11.8	8.6	2.4	0	1.7
	Δст, %	5.4	13.8	11.7	5.7	2.5	2.7
	Тст	1991	1991	1991	1991	2013	2013
	Rтр	0.26	0.47	0.41	0.22	0.03	0.18
Ялуторовск	Δтр, %	5.8	9.3	6.1	1.1	0.2	1.3
	Δст, %	9.8	12	9.9	5	3.6	3
	Тст	1991	1991	1991	1991	2013	2013
	Rтр	0.33	0.42	0.35	0.15	-0.06	0.16
Ярково	Δтр, %	3.4	10.1	7.3	1.9	0	2.1
	Δст, %	8	11.9	9.9	4.7	2.3	2.2
	Тст	1991	1991	1991	1991	2013	2013
	Rтр	0.26	0.44	0.38	0.19	0.02	0.2
Викулово	Δтр, %	5.9	11.9	7.2	1.5	0	1.5
	Δст, %	9.9	13.5	10	4.2	3.2	2.9
	Тст	1991	1980	1988	1991	2013	2013
	Rтр	0.34	0.47	0.37	0.17	-0.01	0.17
Ишим	Δтр, %	5.7	12.4	7.2	1.2	0.2	0.9
	Δст, %	9.6	15.1	11.1	5.1	4.2	3.8
	Тст	1991	1980	1991	1991	2013	2013
	Rтр	0.33	0.48	0.37	0.16	-0.06	0.13
Новосибирск	Δтр, %	3.8	11	7.8	2.4	0.1	3.6
	Δст, %	7.3	12.1	9.2	3.4	1.2	1.4
	Тст	1988	1977	1988	1990	2004	2010
	Rтр	0.27	0.46	0.39	0.22	0.05	0.27
Карасук	Δтр, %	8.4	9.8	6.8	1.7	0.2	2.1
	Δст, %	11.5	12	10.6	4.8	2.6	0.7
	Тст	1989	1989	1989	1990	2000	2013
	Rтр	0.4	0.43	0.36	0.18	-0.06	0.2
Северный	Δтр, %	4.7	11.8	8.5	2	0	2
	Δст, %	9.1	13.5	11.4	4.3	2.2	1.4
	Тст	1988	1988	1988	1990	2013	2013
	Rтр	0.3	0.47	0.4	0.2	-0.03	0.2
Чистоозерный	Δтр, %	9.8	10.9	6.9	1.5	0.3	1.1
	Δст, %	13	13.2	11.1	5	3	2
	Тст	1989	1989	1989	1990	2013	2013
	Rтр	0.43	0.45	0.36	0.17	-0.08	0.15
Купино	Δтр, %	5.9	9.1	5.1	0.7	0.4	1.5
	Δст, %	9.1	11.7	8.4	3.2	2.9	1.2
	Тст	1989	1977	1989	1990	2000	2013
	Rтр	0.34	0.42	0.32	0.12	-0.09	0.17
Красноозерск	Δтр, %	8	9.1	5.4	1.2	0.1	2.6
	Δст, %	9.7	10.8	7.8	3.1	2.3	0.5
	Тст	1977	1977	1989	1990	2000	2012
	Rтр	0.39	0.42	0.32	0.15	-0.04	0.23
Колывань	Δтр, %	9.2	11.6	9.4	3.8	0.3	3.5
	Δст, %	11.3	12.1	10.7	5	1.4	1.2

	Тст	1989	1989	1989	1990	2003	2010
	Rтр	0.42	0.47	0.42	0.27	0.07	0.26
Кемерово	Δтр, %	5.5	8.9	7.1	2.1	0.1	2.7
	Δст, %	7.5	9.9	8.7	3.1	1.4	1.2
	Тст	1988	1977	1983	2004	2004	2010
	Rтр	0.33	0.41	0.37	0.21	0.05	0.23
Барзас	Δтр, %	7.1	9.3	7.6	2.6	0	1.9
	Δст, %	9.9	11	10.3	4.9	0.8	0.8
	Тст	1989	1983	1983	1990	2000	2010
	Rтр	0.37	0.42	0.38	0.22	-0.01	0.19
Тайга	Δтр, %	2.8	10.1	8.8	4.1	0.7	4.9
	Δст, %	6.1	10.4	9.6	4.3	2	2.6
	Тст	1989	1988	1988	2004	2004	2010
	Rтр	0.24	0.44	0.41	0.28	0.12	0.31
Тисуль	Δтр, %	3.4	8.4	6.5	2.3	0	1.7
	Δст, %	7.1	10.3	9.6	4.1	1	1
	Тст	1988	1983	1983	1990	2012	2010
	Rтр	0.26	0.4	0.36	0.21	-0.01	0.18
Крапивино	Δтр, %	5.4	7.8	5.6	1.1	0.3	1.4
	Δст, %	8.3	10.1	9.2	3.6	2	0.6
	Тст	1988	1982	1982	1990	2000	2010
	Rтр	0.32	0.39	0.33	0.15	-0.08	0.16
Новокузнецк	Δтр, %	3.1	5	3.2	0.2	0.7	0.2
	Δст, %	5.6	7.5	6.7	1.8	3	1.8
	Тст	1988	1977	1982	1990	2012	2012
	Rтр	0.25	0.31	0.25	0.06	-0.12	0.06
Усть-Кабырза	Δтр, %	6.5	8.5	5.6	1	0.1	0.4
	Δст, %	8.9	10.4	8.9	2.6	1.1	0.9
	Тст	1982	1982	1982	1990	2012	2012
	Rтр	0.36	0.4	0.33	0.14	-0.03	0.09
Большие Уки	Δтр, %	5.3	11.3	7.7	2	0	1.9
	Δст, %	9.3	12.7	10.3	4.6	2.6	2.3
	Тст	1988	1988	1988	1991	2013	2013
	Rтр	0.32	0.46	0.39	0.2	0	0.19
Любимовка	Δтр, %	9.2	10.6	6.3	1.7	0.2	1.4
	Δст, %	11.7	12.2	9.7	5.2	2.9	1.8
	Тст	1989	1989	1989	1991	2013	2013
	Rтр	0.42	0.45	0.35	0.18	-0.06	0.17
Одесское	Δтр, %	9.7	11.4	7.4	2.1	0	2.6
	Δст, %	12.9	13.1	10.4	5.3	1.8	0.9
	Тст	1989	1989	1989	1991	2000	2013
	Rтр	0.43	0.46	0.38	0.2	-0.01	0.23
Омск	Δтр, %	4.4	11.7	6.9	1.7	0	1.8
	Δст, %	7.4	12.9	9.6	4.7	2.5	1.9
	Тст	1988	1988	1988	1991	2013	2013
	Rтр	0.29	0.47	0.37	0.19	-0.02	0.19
Русская Поляна	Δтр, %	8.7	11.3	6.8	1.5	0	2.5
	Δст, %	11.6	12.9	9.9	4.4	2.2	1
	Тст	1989	1978	1989	1991	2000	2013
	Rтр	0.41	0.46	0.36	0.17	-0.03	0.22
Тара	Δтр, %	4.6	11.8	8.3	2.5	0	2.6
	Δст, %	8.3	12.6	10.1	4.6	1.9	1.5
	Тст	1988	1988	1988	1991	2013	2013
	Rтр	0.3	0.47	0.4	0.22	0.03	0.23
Тюкалинск	Δтр, %	2.4	11.7	7.6	2	0	2
	Δст, %	7.6	13.4	10.6	4.9	2.7	2
	Тст	1991	1988	1988	1991	2013	2013
	Rтр	0.22	0.47	0.38	0.2	-0.01	0.2

Таблица 4.1. Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов осадков января на станциях юга Западной Сибири

Станция	Параметр	Весь ряд	1960	1970	1980	1990	2000
Алейск	$\Delta_{тр}, \%$	0.5	0.7	3.5	0	2.5	0.1
	$\Delta_{ст}, \%$	3.2	2	6.1	2.7	8.9	0.8
	Тест	1970	1974	1980	1991	2003	2010
	Rтр	0.1	-0.11	-0.26	0.02	-0.22	-0.05
Баяново	$\Delta_{тр}, \%$	0.6	1.5	6.7	4.6	4.5	3.8
	$\Delta_{ст}, \%$	5.2	6.3	9.8	9.1	11.3	4.3
	Тест	2004	2004	2004	2004	2004	2010
	Rтр	-0.11	-0.17	-0.36	-0.3	-0.3	-0.27
Барнаул	$\Delta_{тр}, \%$	1.5	0.2	0.4	0.3	0	0.1
	$\Delta_{ст}, \%$	11.9	1	1.6	1	1.6	1.5
	Тест	1883	1972	1980	1994	2004	2010
	Rтр	0.17	-0.06	-0.09	0.07	0.01	-0.05
Бийск	$\Delta_{тр}, \%$	3.4	0.5	1.3	0	0.1	1.4
	$\Delta_{ст}, \%$	8	1.8	2.9	2.3	3.5	6.9
	Тест	1960	2010	1980	2010	2010	2010
	Rтр	0.26	-0.1	-0.16	0.01	-0.05	-0.17
Тогула	$\Delta_{тр}, \%$	7.9	4.7	2.7	5.7	1.4	0
	$\Delta_{ст}, \%$	9.7	7.3	6	11.5	2.2	0
	Тест	1994	1994	1994	1994	2013	2010
	Rтр	0.39	0.3	0.23	0.33	0.17	0
Змеиногорск	$\Delta_{тр}, \%$	7.1	0.3	0.2	2	0.9	1.7
	$\Delta_{ст}, \%$	11.6	2.3	2.8	4	3.6	4.3
	Тест	1964	1970	1980	2013	2013	2013
	Rтр	0.37	0.08	-0.07	0.2	0.13	0.18
Камня-на-Оби	$\Delta_{тр}, \%$	1.9	2.1	5.4	0.7	0	0
	$\Delta_{ст}, \%$	8.1	3.5	7	2.1	1.5	1.6
	Тест	1960	1974	1984	2004	2004	2012
	Rтр	0.19	-0.2	-0.32	-0.12	-0.03	0.01
Горно-Алтайск	$\Delta_{тр}, \%$	2.8	9.9	9.9	11.3	24	49.3
	$\Delta_{ст}, \%$	2.9	7	7	2.5	0	0
	Тест	1983	1983	1983	2001	2004	2012
	Rтр	-0.24	-0.43	-0.43	-0.46	-0.65	-0.86
Ак-Кемь	$\Delta_{тр}, \%$	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.9
	$\Delta_{ст}, \%$	2.3	2.3	2.3	0.5	0	0
	Тест	1983	1983	1983	1991	2004	2012
	Rтр	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	0.05	-0.14
Кара-Тюрек	$\Delta_{тр}, \%$	0.8	0.6	1.4	0.5	0.2	0.6
	$\Delta_{ст}, \%$	3.5	1.8	2.6	2.4	2.5	1.4
	Тест	1965	2004	2004	2004	2004	2011
	Rтр	0.13	-0.11	-0.16	-0.1	-0.07	-0.11
Кош-Агач	$\Delta_{тр}, \%$	1.3	2.8	0.2	0.1	1.2	3.3
	$\Delta_{ст}, \%$	3.2	3.9	1.7	1.9	3.8	4.8
	Тест	1967	1970	2011	2011	2002	2011
	Rтр	-0.16	-0.23	-0.06	-0.04	-0.15	-0.25
Усть-Кокса	$\Delta_{тр}, \%$	0.7	0.6	0.4	0.8	0.3	3.2
	$\Delta_{ст}, \%$	2.7	4.5	3.5	2.8	2.5	5.2
	Тест	1971	1971	1980	2013	2013	2013
	Rтр	0.11	0.11	-0.09	0.13	0.07	0.25
Яйлю	$\Delta_{тр}, \%$	0.1	0	0.7	2.2	3.1	1.8
	$\Delta_{ст}, \%$	0.5	0.5	1.4	2.8	2	0.9

	Тст	1999	1970	1999	1999	2009	2013
	Rгр	0.05	-0.01	0.11	0.21	0.25	0.19
Чемал	Δтр, %	0	0	0	1	0.2	0
	Δст, %	0.7	1.1	1.6	1.6	0.9	0.8
	Тст	1947	1977	1980	1999	2009	2011
	Rгр	0.02	-0.03	-0.03	0.14	0.05	0.02
Тюмень	Δтр, %	3.6	0.2	0.4	1.7	1.7	1.8
	Δст, %	7.4	2.3	3.2	5	7.7	2.5
	Тст	1961	2003	2003	2003	2003	2010
	Rгр	0.27	-0.06	-0.09	-0.18	-0.19	-0.19
Вагай	Δтр, %	0.8	0.8	0.8	1	8.6	19.3
	Δст, %	5.4	5.4	5.4	6.8	0	0
	Тст	2012	2012	2012	2012	2003	2010
	Rгр	0.13	0.13	0.13	0.14	0.41	0.59
Тобольск	Δтр, %	1.1	0.6	1.7	1.3	4.1	1.1
	Δст, %	2.3	4.7	6.3	6.9	11	3
	Тст	1902	2004	2004	2004	2004	2010
	Rгр	0.15	-0.11	-0.18	-0.16	-0.28	-0.15
Ялуторовск	Δтр, %	0.1	0	0.4	0.2	0.1	1.6
	Δст, %	1	1.5	0.9	1.4	1	2.1
	Тст	1970	1972	1980	1999	2013	2011
	Rгр	0.04	-0.03	-0.09	0.06	0.03	-0.18
Ярково	Δтр, %	2.2	0.9	0.9	0.2	2.2	2.2
	Δст, %	4.3	3.2	3.2	2	6.6	0
	Тст	1987	1987	1987	2013	2013	2011
	Rгр	0.21	0.14	0.14	0.07	0.21	0.21
Викулово	Δтр, %	0.8	0.4	0	0.1	0	0.2
	Δст, %	2.2	2.2	1.3	1.4	1.4	1.5
	Тст	1946	1987	1987	1993	2013	2013
	Rгр	0.12	0.09	0	-0.05	-0.02	-0.06
Ишим	Δтр, %	4.3	0.7	0.1	0.1	0.2	2
	Δст, %	4.8	2.3	1.3	0.6	1.5	2.4
	Тст	1987	1987	1987	1997	2003	2010
	Rгр	0.29	0.12	0.03	0.03	-0.06	-0.2
Новосибирск	Δтр, %	3.7	2.3	0.2	0.4	0	0.6
	Δст, %	5.6	3.7	1.5	1.8	1.7	3.8
	Тст	1970	1971	2013	2013	2013	2013
	Rгр	0.27	0.21	0.07	0.09	0.02	0.11
Карасук	Δтр, %	0.3	3.3	7	0.6	0.9	4.9
	Δст, %	4.6	6.6	9.5	3	3.8	8.5
	Тст	1956	1976	1980	2010	2010	2010
	Rгр	0.07	-0.25	-0.37	-0.11	-0.13	-0.31
Северный	Δтр, %	3	0	1.7	2.1	3.1	0
	Δст, %	6.3	2.4	4.7	5.8	7.3	3.7
	Тст	1964	2003	2003	2003	2003	2013
	Rгр	0.24	-0.03	-0.19	-0.2	-0.25	0.01
Чистоозерный	Δтр, %	0.5	0.5	0.5	0	0.8	1.6
	Δст, %	2	2	2	0.8	0.7	0
	Тст	1986	1986	1986	2013	2013	2013
	Rгр	0.1	0.1	0.1	0	-0.13	-0.18
Купино	Δтр, %	3.9	0.6	0.1	1.2	0.6	0
	Δст, %	4.7	2.4	2.3	4	4.1	3.4
	Тст	1964	2013	2013	2013	2013	2013
	Rгр	0.28	0.11	0.04	0.16	0.11	-0.01
Красноозерск	Δтр, %	0.1	2.8	6	0.8	2.4	0
	Δст, %	1.5	8.3	8.1	3.3	5.6	1.3
	Тст	1973	1975	1981	2003	2003	2012
	Rгр	-0.04	-0.24	-0.34	-0.13	-0.22	0
Колывань	Δтр, %	13.1	3.2	0.5	0.8	0.2	0.3

	$\Delta_{ст}, \%$	14.3	5.3	2.7	3.9	2.9	2.6
	T _{ст}	1970	1991	1993	1991	2004	2010
	R _{гр}	0.49	0.25	0.1	0.13	-0.07	-0.08
	$\Delta_{гр}, \%$	10.9	6.4	0.8	1.6	0	0.6
Кемерово	$\Delta_{ст}, \%$	14.9	9.4	2.1	3.6	2.8	3.4
	T _{ст}	1970	1970	1991	1991	2004	2013
	R _{гр}	0.45	0.35	0.13	0.18	-0.01	0.1
	$\Delta_{гр}, \%$	4	4	4	5	0.1	0
Барзас	$\Delta_{ст}, \%$	5.1	5.1	5.1	6.3	3	2
	T _{ст}	1989	1989	1989	1990	2008	2013
	R _{гр}	0.28	0.28	0.28	0.31	0.04	0
	$\Delta_{гр}, \%$	2.6	0	1.7	0.6	0.5	6.8
Тайга	$\Delta_{ст}, \%$	6.4	2.7	6.3	5.9	6.4	13.7
	T _{ст}	1970	1970	1980	2013	2013	2013
	R _{гр}	0.23	0.01	-0.18	0.11	0.1	0.36
	$\Delta_{гр}, \%$	1	0	0.7	0.1	1.6	0.2
Тисуль	$\Delta_{ст}, \%$	2.9	1.5	3.2	2.1	1.4	0.7
	T _{ст}	1976	1976	1989	1990	2001	2012
	R _{гр}	0.14	0	-0.12	-0.03	0.18	0.07
	$\Delta_{гр}, \%$	6.4	3.5	1.7	2.7	0.5	1.7
Крапивино	$\Delta_{ст}, \%$	6.7	5.1	4.5	6.3	4.4	0
	T _{ст}	1978	2013	2013	2013	2013	2012
	R _{гр}	0.35	0.26	0.18	0.23	0.1	0.18
	$\Delta_{гр}, \%$	2.5	2.5	4.1	0.4	10	17.7
Новокузнецк	$\Delta_{ст}, \%$	3.5	3.5	5.8	5	12.6	0
	T _{ст}	1980	1980	1980	2003	2003	2012
	R _{гр}	-0.22	-0.22	-0.28	-0.09	-0.44	-0.57
	$\Delta_{гр}, \%$	4.8	4.8	4.8	7	3	0
Усть-Кабырза	$\Delta_{ст}, \%$	6.9	6.9	6.9	8.6	4.7	0
	T _{ст}	2002	2002	2002	2002	2013	2012
	R _{гр}	0.31	0.31	0.31	0.37	0.24	0.01
	$\Delta_{гр}, \%$	4.1	1.3	0.4	0	0.1	0.4
Большие Уки	$\Delta_{ст}, \%$	5.9	3.8	2.9	1.3	1.8	2.2
	T _{ст}	1983	1987	1987	2013	2013	2013
	R _{гр}	0.28	0.16	0.09	0	-0.05	-0.09
	$\Delta_{гр}, \%$	1.3	1.3	1.3	2.1	3.7	13.7
Любимовка	$\Delta_{ст}, \%$	6.7	6.7	6.7	9	13.5	0
	T _{ст}	2012	2012	2012	2012	2012	2013
	R _{гр}	0.16	0.16	0.16	0.2	0.27	0.51
	$\Delta_{гр}, \%$	5	0	1.3	0.1	0.2	0
Одесское	$\Delta_{ст}, \%$	9.7	2	3.8	1.2	1.8	1.5
	T _{ст}	1955	1971	1980	2013	2013	2013
	R _{гр}	0.31	0	-0.16	0.05	0.06	-0.01
	$\Delta_{гр}, \%$	6.1	0.2	1.6	1.1	1.4	0.8
Омск	$\Delta_{ст}, \%$	13.1	4.4	3.3	3	3	2.4
	T _{ст}	1970	1970	2004	2004	2004	2010
	R _{гр}	0.34	0.06	-0.18	-0.15	-0.17	-0.13
	$\Delta_{гр}, \%$	1.4	0.2	3.4	0.5	1.1	1.5
Русская Поляна	$\Delta_{ст}, \%$	2.4	1.5	3.4	2.1	3.2	1.3
	T _{ст}	1977	1970	1984	2003	2003	2010
	R _{гр}	-0.17	-0.07	-0.26	-0.1	-0.15	-0.17
	$\Delta_{гр}, \%$	6.8	1.6	0.4	0	0.3	0.5
Тара	$\Delta_{ст}, \%$	8.5	4	2.8	1.5	2.2	2.5
	T _{ст}	1982	1982	1982	2013	2008	2013
	R _{гр}	0.36	0.18	0.09	-0.01	-0.07	-0.1
	$\Delta_{гр}, \%$	0	0.1	2.3	0.9	0.3	0
Тюкалинск	$\Delta_{ст}, \%$	1.9	2.4	6	5	0.8	0.3
	T _{ст}	1993	1993	1993	1993	2008	2011
	R _{гр}	0.01	-0.04	-0.21	-0.14	-0.07	-0.03
	$\Delta_{гр}, \%$	0	0.1	2.3	0.9	0.3	0

Таблица 4.2. Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов осадков апреля на станциях юга Западной Сибири

Станция	Параметр	Весь ряд	1960	1970	1980	1990	2000
Алейск	$\Delta_{тр}, \%$	0	1.3	0.1	0.2	0.2	3.8
	$\Delta_{ст}, \%$	1.1	3.1	2.2	3.1	2.5	4.7
	Tст	1998	1998	1998	1998	2007	2010
	Rтр	0.01	0.16	0.05	0.07	-0.06	-0.27
Басово	$\Delta_{тр}, \%$	0.6	0.2	1.7	0.3	1.8	11.6
	$\Delta_{ст}, \%$	1.5	1.1	1.4	2.9	4.3	10.4
	Tст	1973	1971	2005	2010	2010	2010
	Rтр	-0.11	-0.06	-0.19	-0.07	-0.19	-0.47
Барнаул	$\Delta_{тр}, \%$	4.6	0.1	0	0	0.3	5.4
	$\Delta_{ст}, \%$	8.5	0.9	1.2	1.5	2.8	7.1
	Tст	1886	1998	2012	2012	2012	2010
	Rтр	0.3	0.04	0	0.02	-0.08	-0.32
Бийск	$\Delta_{тр}, \%$	0	0.1	0	0	0.4	5.5
	$\Delta_{ст}, \%$	1.5	1.8	2.1	2.9	4.8	6.4
	Tст	2007	1998	2007	2007	2007	2010
	Rтр	-0.02	0.04	0.01	-0.01	-0.09	-0.33
Тогула	$\Delta_{тр}, \%$	0.4	0.3	0.7	0.1	0.1	5.4
	$\Delta_{ст}, \%$	1.2	1.4	2.5	1	0.8	0
	Tст	1946	1983	1983	2000	2004	2010
	Rтр	0.09	0.08	0.11	0.04	0.05	-0.32
Змеиногорск	$\Delta_{тр}, \%$	1.1	0	0.5	0.4	0.3	3.9
	$\Delta_{ст}, \%$	3.6	1.5	2.5	3	3.4	6.3
	Tст	1936	2007	2007	2007	2007	2010
	Rтр	0.15	0.01	-0.1	-0.09	-0.07	-0.28
Камня-на-Оби	$\Delta_{тр}, \%$	0.2	0	0.9	0.3	0.2	2.7
	$\Delta_{ст}, \%$	0.8	0.8	1.3	0.7	0.6	2.2
	Tст	1946	1970	1994	2012	2012	2010
	Rтр	-0.06	-0.02	-0.14	-0.07	-0.06	-0.23
Горно-Алтайск	$\Delta_{тр}, \%$	2.8	5.4	5.4	4.8	12.6	29.1
	$\Delta_{ст}, \%$	4.6	5.4	5.4	5	0	0
	Tст	2003	2003	2003	2003	2012	2010
	Rтр	-0.23	-0.33	-0.33	-0.31	-0.49	-0.71
Ак-Кемь	$\Delta_{тр}, \%$	6.7	6.7	6.7	5.2	0.9	6
	$\Delta_{ст}, \%$	11.5	11.5	11.5	10.3	0	0
	Tст	2000	2000	2000	2000	2012	2010
	Rтр	0.36	0.36	0.36	0.32	0.13	-0.34
Кара-Тюрек	$\Delta_{тр}, \%$	1.9	0.1	0.9	1	3.9	12.1
	$\Delta_{ст}, \%$	6.8	2.2	3.9	4.5	8.9	6.1
	Tст	1956	1973	2003	2003	2003	2010
	Rтр	0.19	0.03	-0.13	-0.14	-0.28	-0.48
Кош-Агач	$\Delta_{тр}, \%$	0.5	1	0	1.2	0.7	0.3
	$\Delta_{ст}, \%$	1.8	2.2	1.3	3.1	0.8	0.6
	Tст	1948	1970	1982	1993	2013	2013
	Rтр	0.1	0.14	0.01	0.16	0.12	0.08
Усть-Кокса	$\Delta_{тр}, \%$	0.4	1.3	0	1	0	1.5
	$\Delta_{ст}, \%$	1.3	3.3	1.4	4.7	1.7	2.2
	Tст	1950	1970	1980	1992	2009	2010
	Rтр	0.09	0.16	-0.01	0.14	-0.02	-0.17
Яйлю	$\Delta_{тр}, \%$	2.4	2.2	0.5	1.5	0	1.7
	$\Delta_{ст}, \%$	3.2	3.8	2.8	5.4	2.4	2.2
	Tст	1992	1992	2004	1992	2004	2010

	Rтр	0.22	0.21	0.1	0.17	0.01	-0.18
Чемал	Δтр, %	2.5	2.3	0.8	2.9	1.2	0
	Δст, %	3.5	3.3	2.4	4.6	2.2	1.3
	Тст	1992	1992	2004	1992	2004	2013
	Rтр	0.22	0.21	0.12	0.24	0.15	0.02
Тюмень	Δтр, %	0	0.1	0.1	0.4	0.1	0.8
	Δст, %	0.6	0.7	0.9	2	2.5	5.3
	Тст	2012	1993	1993	1993	2012	2011
	Rтр	0.02	-0.04	-0.04	-0.09	0.05	0.13
Вагай	Δтр, %	0.9	0.9	0.9	2.3	5.6	1.9
	Δст, %	4.9	4.9	4.9	6.6	9.9	0
	Тст	2011	2011	2011	2011	2012	2011
	Rтр	0.14	0.14	0.14	0.21	0.33	0.19
Тобольск	Δтр, %	0.9	1	1	0.2	1.7	4.2
	Δст, %	2.6	2.4	2.4	2	3.5	5.8
	Тст	1922	2012	2012	2012	2012	2011
	Rтр	0.13	0.14	0.14	0.06	0.18	0.29
Ялуторовск	Δтр, %	0.5	0.1	0.2	0.8	0	2.9
	Δст, %	2.8	1	2.5	4.9	0.6	6.5
	Тст	1968	1970	1994	1994	2011	2011
	Rтр	0.1	0.05	-0.06	-0.13	-0.03	0.24
Ярково	Δтр, %	1.8	1.8	1.8	0.8	2.4	0
	Δст, %	5.5	5.5	5.5	1.4	3.3	0
	Тст	1987	1987	1987	2011	2012	2011
	Rтр	0.19	0.19	0.19	0.12	0.22	-0.03
Викулово	Δтр, %	0.1	0.2	0.2	0.1	1.7	1.3
	Δст, %	1.9	1.7	1.3	2.3	4.6	5.3
	Тст	1950	1974	1983	2011	2009	2011
	Rтр	-0.05	0.06	-0.06	0.04	0.18	0.16
Ишим	Δтр, %	0.2	0.3	0.6	0	0.2	0.8
	Δст, %	1.3	3	1.9	0.6	1.3	2.9
	Тст	1968	1970	1984	2011	2004	2011
	Rтр	0.06	0.08	-0.11	0	0.07	0.13
Новосибирск	Δтр, %	0	0	0.7	2.9	1.9	4.8
	Δст, %	4.2	4.1	5.6	7.7	8.2	12.5
	Тст	2012	2012	2012	2012	2012	2012
	Rтр	-0.02	0.01	-0.12	-0.24	-0.19	-0.31
Карасук	Δтр, %	0	0.2	0.3	0.9	0.4	6.5
	Δст, %	0.8	2.1	2.2	3	3	4.7
	Тст	2007	1978	2007	2007	2007	2010
	Rтр	0.03	0.06	-0.08	-0.13	-0.09	-0.35
Северный	Δтр, %	0.5	1.5	2	0.6	3.2	2.3
	Δст, %	3.4	4.5	5.4	4.7	7.3	8.1
	Тст	2013	2013	2013	2013	2009	2013
	Rтр	0.1	0.17	0.2	0.11	0.25	0.21
Чистоозерный	Δтр, %	1.1	1.1	1.1	0.1	0.3	2.6
	Δст, %	3.8	3.8	3.8	2.6	0.2	0
	Тст	1993	1993	1993	1993	2012	2013
	Rтр	0.15	0.15	0.15	0.04	-0.07	-0.23
Купино	Δтр, %	0.1	1.1	0.1	0.1	0.5	0.7
	Δст, %	1.7	3.3	1.1	1.8	1.8	0.2
	Тст	1953	1978	1998	1998	2001	2011
	Rтр	-0.04	0.15	0.04	0.05	0.1	-0.11
Красноозерск	Δтр, %	0.8	2.3	5.8	1.5	0.5	5.2
	Δст, %	2.6	4.9	6.4	2.1	1.4	2.3
	Тст	1973	1975	1981	2007	2007	2010
	Rтр	-0.13	-0.21	-0.33	-0.17	-0.1	-0.32
Колывань	Δтр, %	5.6	2	0.5	0.1	1.5	5.8
	Δст, %	7.5	5.4	3.5	3.7	6.1	11

	Тст	1978	1978	1985	2012	2012	2012
	Rгр	0.33	0.2	0.1	-0.04	-0.17	-0.34
Кемерово	Δтр, %	0	0	0.3	2.1	1.9	7.9
	Δст, %	2.7	2.8	4	6.4	6.4	10.8
	Тст	2013	2013	2013	2013	2013	2013
	Rгр	-0.02	0.02	-0.07	-0.2	-0.19	-0.39
Барзас	Δтр, %	1.6	1.6	1.6	0.2	1	14.5
	Δст, %	5.3	5.3	5.3	2.9	2.5	5.7
	Тст	1984	1984	1984	1993	2006	2013
	Rгр	0.18	0.18	0.18	0.05	-0.14	-0.52
Тайга	Δтр, %	0.4	0	0.1	1.4	0.1	8.2
	Δст, %	1.6	1.4	1.2	3.7	1.3	5.4
	Тст	1956	1978	2013	1990	2013	2013
	Rгр	0.09	0	-0.05	-0.17	-0.04	-0.4
Тисуль	Δтр, %	0.9	0.1	0.3	2.4	1.3	11.9
	Δст, %	3.1	2.2	2.9	4.8	4	10.4
	Тст	1956	2013	2013	2013	2013	2013
	Rгр	0.13	-0.03	-0.08	-0.22	-0.16	-0.47
Крапивино	Δтр, %	0.1	0.8	0.5	3.6	3	17.8
	Δст, %	3	5	5	8.5	8.3	0
	Тст	2013	2013	2013	2013	2013	2013
	Rгр	-0.04	-0.12	-0.1	-0.27	-0.24	-0.57
Новокузнецк	Δтр, %	0.6	0.6	2.2	3	4.1	0.5
	Δст, %	2.1	2.1	3.2	3.5	3.5	0
	Тст	2004	2004	2000	2000	2004	2013
	Rгр	0.11	0.11	0.21	0.24	0.28	0.1
Усть-Кабырза	Δтр, %	4.7	4.7	4.7	3.5	1.3	3.5
	Δст, %	9.1	9.1	9.1	8.4	0.1	0
	Тст	2000	2000	2000	2000	2013	2013
	Rгр	0.3	0.3	0.3	0.26	0.16	-0.26
Большие Уки	Δтр, %	0.3	0.5	0.2	0.5	0	1.5
	Δст, %	1.5	1.8	1.7	3.4	1.2	7
	Тст	1992	1992	1992	1992	2009	2011
	Rгр	0.08	0.1	0.06	0.1	-0.02	0.17
Любимовка	Δтр, %	5.7	5.7	5.7	5.4	15.5	6.4
	Δст, %	14.3	14.3	14.3	16.4	22.7	0
	Тст	2013	2013	2013	2013	2013	2011
	Rгр	0.33	0.33	0.33	0.32	0.53	0.35
Одесское	Δтр, %	0.5	0.5	0	0.5	0.4	3.7
	Δст, %	1.2	1.8	0.8	2.8	1.1	0.9
	Тст	1998	1970	1982	1998	2004	2012
	Rгр	0.1	0.1	-0.03	0.1	0.09	-0.27
Омск	Δтр, %	2.6	0.9	0.5	1.1	1.5	0
	Δст, %	4.6	2.7	2.7	3.6	3.8	3.2
	Тст	1922	2011	2011	2011	2011	2011
	Rгр	0.23	0.13	0.1	0.15	0.17	0.02
Русская Поляна	Δтр, %	1.5	1.5	0	0.1	0.2	1.6
	Δст, %	3.8	3.8	1.1	1.7	2.3	1.1
	Тст	1978	1978	2007	2007	2007	2012
	Rгр	0.17	0.17	-0.01	-0.05	-0.06	-0.18
Тара	Δтр, %	0.1	0.2	0	0.1	0.9	4
	Δст, %	1	1.1	1.2	1.7	2.8	5
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rгр	0.05	0.06	0.02	0.04	0.13	0.28
Тюкалинск	Δтр, %	1.3	0.7	0.3	0	1.6	0
	Δст, %	3.2	3	3.3	3.3	8	1.3
	Тст	2007	2007	2007	2007	2007	2011
	Rгр	0.16	0.12	0.08	0.01	0.18	0.01

Таблица 4.3. Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов осадков июля на станциях юга Западной Сибири

Станция	Параметр	Весь ряд	1960	1970	1980	1990	2000
Алейск	$\Delta_{тр}, \%$	0	0	0	0	1.3	4.3
	$\Delta_{ст}, \%$	1.1	0.5	0.9	1	2.7	5.6
	Тст	1948	2011	1989	1991	2011	2011
	Rтр	-0.02	-0.03	0.01	-0.02	-0.16	-0.29
Басово	$\Delta_{тр}, \%$	0.3	0.1	0.7	0	0.7	0.2
	$\Delta_{ст}, \%$	1.2	0.9	2.1	0.6	0.7	1.2
	Тст	1990	1990	1990	1996	2010	2010
	Rтр	0.08	0.05	0.12	-0.01	-0.11	-0.07
Барнаул	$\Delta_{тр}, \%$	1.9	1.8	1.1	0	0.1	0.2
	$\Delta_{ст}, \%$	3.5	4.9	2.2	1.1	1.1	2.6
	Тст	1882	1977	1980	2010	2010	2010
	Rтр	0.19	0.19	0.15	-0.01	-0.03	0.06
Бийск	$\Delta_{тр}, \%$	1.1	0.4	0.1	1.3	0	0
	$\Delta_{ст}, \%$	3.3	1.3	1.3	3.4	0.9	0.7
	Тст	1960	2001	2001	1990	2001	2013
	Rтр	-0.15	0.09	0.05	0.16	-0.01	-0.02
Тогула	$\Delta_{тр}, \%$	1.3	2.1	0.7	1	0.3	1.2
	$\Delta_{ст}, \%$	5.1	8	4.9	2.4	2.4	0
	Тст	1978	1978	1981	2010	2010	2013
	Rтр	0.16	0.2	0.12	-0.14	-0.08	-0.15
Змеиногорск	$\Delta_{тр}, \%$	0.3	1	0.1	0.3	7.8	9.3
	$\Delta_{ст}, \%$	1.8	4.3	3.4	2.6	5.7	4.3
	Тст	1988	1988	1988	1990	2007	2013
	Rтр	0.08	0.14	0.04	-0.08	-0.39	-0.42
Камня-на-Оби	$\Delta_{тр}, \%$	0.2	0.2	0.1	0	0.8	0
	$\Delta_{ст}, \%$	3.2	1	1.3	1.8	0.6	0.5
	Тст	1948	1970	1996	1996	2011	2011
	Rтр	-0.06	0.07	-0.03	-0.03	-0.12	0.02
Горно-Алтайск	$\Delta_{тр}, \%$	2.8	5.7	5.7	6.8	15.3	42.6
	$\Delta_{ст}, \%$	4.4	5.3	5.3	5.4	0	0
	Тст	2002	2002	2002	2002	2011	2011
	Rтр	-0.23	-0.33	-0.33	-0.36	-0.53	-0.82
Ак-Кемь	$\Delta_{тр}, \%$	15.2	15.2	15.2	18.9	8.3	2
	$\Delta_{ст}, \%$	23.4	23.4	23.4	26.3	0	0
	Тст	2001	2001	2001	2001	2011	2011
	Rтр	0.53	0.53	0.53	0.59	0.4	-0.2
Кара-Тюрек	$\Delta_{тр}, \%$	2.1	2.4	4.8	7.9	8.1	5.9
	$\Delta_{ст}, \%$	6	6.9	8	8.8	8.7	7.7
	Тст	2013	2013	2013	2013	2013	2013
	Rтр	-0.2	-0.22	-0.31	-0.39	-0.39	-0.34
Кош-Агач	$\Delta_{тр}, \%$	2.7	0.4	1.1	0	1.9	3.2
	$\Delta_{ст}, \%$	3.9	2.1	5.2	2.8	3.4	4.1
	Тст	1982	1982	1982	1990	2012	2012
	Rтр	0.23	0.09	0.15	-0.03	0.2	0.25
Усть-Кокса	$\Delta_{тр}, \%$	0.2	0	0	0	0.5	1.1
	$\Delta_{ст}, \%$	1.3	0.6	0.4	0.7	2.1	0.8
	Тст	1962	1976	1984	2005	2005	2011
	Rтр	-0.06	0.01	0.02	-0.01	-0.1	-0.15
Яйлю	$\Delta_{тр}, \%$	0.7	0.5	0	1	0.5	0.5
	$\Delta_{ст}, \%$	2.1	2.7	0.7	3.3	3.8	4.8
	Тст	1979	1978	1986	1990	2007	2010

	Rтр	0.12	0.1	-0.02	-0.14	0.1	0.1
Чемал	Δтр, %	0	1.1	0	0	0.9	0.3
	Δст, %	1	3	0.4	0.8	3.3	0.6
	Тст	1947	1972	2000	1993	2000	2011
	Rтр	0	0.15	0.01	0.01	0.14	-0.08
Тюмень	Δтр, %	0.5	1.1	3.3	1.7	6.8	4.1
	Δст, %	2.2	3	3.7	4.1	7.5	5.1
	Тст	2009	2009	2009	2009	2009	2010
	Rтр	-0.1	-0.15	-0.25	-0.19	-0.36	-0.28
Вагай	Δтр, %	1.1	1.1	1.1	0.4	3.3	0.1
	Δст, %	5.2	5.2	5.2	2.6	5.3	0
	Тст	1988	1988	1988	1990	2011	2010
	Rтр	-0.15	-0.15	-0.15	-0.09	0.25	-0.05
Тобольск	Δтр, %	0.6	0.2	0.2	0	0	0.8
	Δст, %	1.6	1.8	0.9	0.8	1.3	3.4
	Тст	1952	1972	1982	2011	2011	2011
	Rтр	-0.11	0.06	-0.07	-0.03	0.02	0.13
Ялуторовск	Δтр, %	0	0.5	0.4	0.2	0.7	1.2
	Δст, %	1.1	1.8	1.3	1.5	1	3.8
	Тст	1967	1974	1998	1998	2013	2013
	Rтр	0	-0.1	-0.09	-0.06	-0.12	0.15
Ярково	Δтр, %	3.2	3.2	3.2	4.5	1.2	0
	Δст, %	4.5	4.5	4.5	6.3	3.3	0
	Тст	2005	2005	2005	2005	2013	2013
	Rтр	0.25	0.25	0.25	0.3	0.16	-0.01
Викулово	Δтр, %	1	0.8	0.4	0.2	0	1.2
	Δст, %	2	2.3	2.2	1.3	1.5	4.7
	Тст	1988	1988	1988	1999	2013	2013
	Rтр	-0.14	-0.12	-0.09	-0.07	0.01	0.16
Ишим	Δтр, %	0	0	0	0.1	0	0
	Δст, %	1.3	1.9	2.3	2.9	3.1	5.1
	Тст	2013	2013	2013	2013	2013	2013
	Rтр	-0.02	0.01	0.02	0.04	0	0.02
Новосибирск	Δтр, %	0.6	0.9	0	0	0	2.2
	Δст, %	1.9	2.9	0.7	1.3	2.1	3
	Тст	1970	1970	2000	2000	2000	2010
	Rтр	0.11	0.14	-0.01	0.01	0.02	-0.21
Карасук	Δтр, %	0.1	0.1	0	1.5	3.9	4.5
	Δст, %	1.3	1.9	1.8	3.2	5.4	6.1
	Тст	1978	1978	2011	2011	2010	2010
	Rтр	0.05	0.05	-0.02	-0.17	-0.28	-0.3
Северный	Δтр, %	0.2	0.4	0.6	2.6	0.5	0
	Δст, %	2	2.1	2.4	4.9	2.5	0.5
	Тст	1951	2001	2001	2001	2001	2012
	Rтр	-0.06	0.09	0.11	0.23	0.1	-0.03
Чистоозерный	Δтр, %	3.3	3.3	3.3	2.9	3	0.2
	Δст, %	9.2	9.2	9.2	10.8	0.9	0
	Тст	1990	1990	1990	1990	2012	2012
	Rтр	0.25	0.25	0.25	0.24	-0.24	-0.06
Купино	Δтр, %	0.6	0	0.5	0.1	0.6	1
	Δст, %	2.3	1.4	1.4	1.4	1.3	2
	Тст	1970	1970	2001	1990	2010	2010
	Rтр	-0.11	-0.02	0.1	0.04	-0.11	-0.14
Красноозерск	Δтр, %	0.5	0.6	2.4	0.1	2.7	0
	Δст, %	1.4	1.7	3.3	1.3	3.8	2.1
	Тст	1973	1977	1982	2010	2010	2010
	Rтр	-0.1	-0.11	-0.22	-0.05	-0.23	-0.03
Колывань	Δтр, %	0.1	2.6	0.6	0.1	0.7	0.1
	Δст, %	2.2	3.8	2.5	2.2	3.4	2.3

	Тст	1948	2004	2004	2004	2004	2013
	Rгр	0.04	0.23	0.11	0.05	0.11	0.03
Кемерово	Δтр, %	3.3	4.6	2.8	1.9	4.9	0.4
	Δст, %	5	5.6	4.9	5.3	8.6	1.6
	Тст	2001	2001	2006	2006	2001	2013
	Rгр	0.25	0.3	0.24	0.19	0.31	0.09
Барзас	Δтр, %	16	16	16	7.5	1.3	0.3
	Δст, %	23.4	23.4	23.4	9.4	0.5	3.2
	Тст	1987	1987	1987	2000	2011	2011
	Rгр	0.54	0.54	0.54	0.38	0.16	-0.08
Тайга	Δтр, %	2.4	0	0.1	0.1	1.4	0.2
	Δст, %	6.2	1	1.8	3.3	7.4	0.7
	Тст	1948	2004	1991	1991	2002	2012
	Rгр	-0.22	0.02	-0.04	-0.04	0.17	-0.07
Тисуль	Δтр, %	0.1	0.1	1.1	0	2.1	3.6
	Δст, %	1.5	2.5	3.7	3.1	7.2	8.3
	Тст	1962	2013	2013	2013	2013	2013
	Rгр	-0.05	0.05	0.15	0.01	0.2	0.27
Крапивино	Δтр, %	0.5	3.1	3.2	0.1	1.2	0.5
	Δст, %	5.2	5.2	6.3	1	2.8	0
	Тст	1948	1980	1980	2012	2010	2013
	Rгр	-0.1	0.25	0.25	0.04	0.15	0.1
Новокузнецк	Δтр, %	0.6	0	0	0.8	1.2	0.7
	Δст, %	1.1	0.8	0.8	2	2.1	0
	Тст	2000	2000	2000	2000	2006	2013
	Rгр	0.11	0.01	0.01	0.13	0.15	-0.12
Усть-Кабырза	Δтр, %	14.6	14.6	14.6	5.8	14	0.3
	Δст, %	17.3	17.3	17.3	11.6	13.9	0
	Тст	2000	2000	2000	2001	2012	2013
	Rгр	0.52	0.52	0.52	0.33	0.51	-0.08
Большие Уки	Δтр, %	2.6	0.6	0.1	1.3	0	1.8
	Δст, %	4.4	3.1	2.7	3.1	2.1	5.3
	Тст	1979	1979	1980	2013	2013	2013
	Rгр	-0.23	-0.11	-0.05	0.16	0.01	0.19
Любимовка	Δтр, %	8.7	8.7	8.7	7.7	7.9	1.4
	Δст, %	11.8	11.8	11.8	11.2	10.7	0
	Тст	2011	2011	2011	2011	2011	2013
	Rгр	0.41	0.41	0.41	0.39	0.39	0.17
Одесское	Δтр, %	2	1	0.2	0	0.7	3.3
	Δст, %	3.8	4.9	1.1	0.9	2.4	3.4
	Тст	1971	1971	2002	2010	2010	2011
	Rгр	-0.2	-0.14	0.06	0.01	-0.12	-0.25
Омск	Δтр, %	0.3	0.3	0.1	0	0.7	0.1
	Δст, %	1.3	1.3	1	1	1.9	2
	Тст	1922	1971	1993	1993	2010	2010
	Rгр	0.07	-0.08	0.04	-0.01	-0.12	-0.04
Русская Поляна	Δтр, %	0.1	0.2	0.1	0	0.2	0
	Δст, %	0.9	1.7	1	1.2	1.1	0.7
	Тст	1971	1971	2007	2007	2007	2013
	Rгр	-0.03	-0.07	0.05	0.02	-0.06	-0.01
Тара	Δтр, %	1	0	0	1.3	1.6	1.9
	Δст, %	3.2	2	2.4	4.1	4.2	4.7
	Тст	1949	2013	2013	2013	2013	2013
	Rгр	-0.14	0.02	0.03	0.16	0.18	0.2
Тюкалинск	Δтр, %	0.1	0	0.2	1	0.3	0
	Δст, %	1.5	1.4	2.9	3.7	3.2	5.1
	Тст	2013	1981	1980	2013	2013	2013
	Rгр	0.05	-0.01	-0.06	0.14	0.08	0.01

Таблица 4.4. Результаты оценки эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов осадков октября на станциях юга Западной Сибири

Станция	Параметр	Весь ряд	1960	1970	1980	1990	2000
Алейск	$\Delta_{тр}, \%$	0.6	0.4	0.6	1.2	8.5	2.1
	$\Delta_{ст}, \%$	2.2	3.7	6.8	9.6	15.3	10
	Тст	2012	1971	2012	2012	2012	2012
	Rтр	-0.11	-0.09	0.1	0.15	0.4	0.2
Басово	$\Delta_{тр}, \%$	0.4	0.3	0	0	4.7	0.6
	$\Delta_{ст}, \%$	2.6	2.5	3.5	4.5	11.4	7.6
	Тст	1991	1991	2013	1991	2012	2012
	Rтр	-0.09	-0.08	0.02	-0.01	0.3	0.11
Барнаул	$\Delta_{тр}, \%$	2.7	1.6	0	0.1	5.6	2.3
	$\Delta_{ст}, \%$	8.6	4.8	3.2	6.5	10.7	7.4
	Тст	1885	1971	1991	1991	2009	2012
	Rтр	0.23	-0.18	-0.01	-0.04	0.33	0.21
Бийск	$\Delta_{тр}, \%$	0.2	0.1	0.1	1.3	8.6	2.2
	$\Delta_{ст}, \%$	2.2	3.9	5.2	8	13.8	9.2
	Тст	2012	2012	2012	2012	2012	2012
	Rтр	-0.06	-0.04	0.04	0.16	0.4	0.21
Тогула	$\Delta_{тр}, \%$	1.3	1.1	2.3	4.2	8.4	0.1
	$\Delta_{ст}, \%$	5.1	6.1	7.7	10	12.9	0
	Тст	2012	2012	2012	2012	2012	2012
	Rтр	0.16	0.15	0.22	0.29	0.4	0.04
Змеиногорск	$\Delta_{тр}, \%$	0	0.1	5.2	3.7	16	5
	$\Delta_{ст}, \%$	3	5.5	11.5	10.8	17	10
	Тст	2012	2012	2012	2012	2012	2012
	Rтр	0.01	0.04	0.32	0.27	0.54	0.31
Камня-на-Оби	$\Delta_{тр}, \%$	0.1	0.9	0.1	0.3	0.4	1.9
	$\Delta_{ст}, \%$	1.2	2.3	1.6	3.4	4.4	0.4
	Тст	1991	1991	1991	1991	2000	2012
	Rтр	-0.04	-0.13	-0.04	-0.08	0.09	-0.19
Горно-Алтайск	$\Delta_{тр}, \%$	6.2	21	21	10.3	12.3	61.5
	$\Delta_{ст}, \%$	7.3	12.1	12.1	5.3	0	0
	Тст	1992	1992	1992	1992	2000	2012
	Rтр	-0.35	-0.61	-0.61	-0.44	-0.48	-0.92
Ак-Кемь	$\Delta_{тр}, \%$	4.1	4.1	4.1	9.8	13.6	2.6
	$\Delta_{ст}, \%$	6.4	6.4	6.4	9.6	0	0
	Тст	2010	2010	2010	2010	2000	2012
	Rтр	0.28	0.28	0.28	0.43	0.5	0.23
Кара-Тюрек	$\Delta_{тр}, \%$	0	3	2.9	1	1.5	4.5
	$\Delta_{ст}, \%$	3.5	5.2	5	3.5	4.1	4.2
	Тст	1955	2001	2001	2001	2001	2013
	Rтр	0.03	-0.24	-0.24	-0.14	-0.17	-0.3
Кош-Агач	$\Delta_{тр}, \%$	0.3	0.4	0.1	0.2	1.1	0
	$\Delta_{ст}, \%$	2.5	3	3	3.6	5.8	2.5
	Тст	2006	2006	2006	2006	2006	2012
	Rтр	0.07	0.09	0.05	0.07	0.15	0
Усть-Кокса	$\Delta_{тр}, \%$	0.1	0.3	0.1	0.6	5.1	2.3
	$\Delta_{ст}, \%$	1.2	2.5	2.7	4	8.5	10.1
	Тст	2012	1990	1990	2012	2012	2012
	Rтр	0.04	-0.07	-0.05	0.11	0.32	0.21
Яйлю	$\Delta_{тр}, \%$	0.4	0.6	0	0.1	0.9	0.5
	$\Delta_{ст}, \%$	1.3	1.8	0.8	1.6	2	0.9
	Тст	1998	1970	1998	1998	2009	2013

	Rтр	0.09	0.11	-0.01	0.04	0.14	0.1
Чемал	Δтр, %	0.4	0.7	0.5	0.1	1.8	0.8
	Δст, %	1.9	3	3.1	1.2	2.5	3.1
	Тст	1988	1988	1988	2013	2013	2013
	Rтр	-0.08	-0.11	-0.1	0.04	0.19	0.13
Тюмень	Δтр, %	0.1	0	0	0.2	0.2	0.4
	Δст, %	0.9	0.9	1	1.5	2.5	1.1
	Тст	1951	2005	2005	2005	2005	2012
	Rтр	0.04	-0.02	0	-0.06	-0.05	-0.09
Вагай	Δтр, %	0.3	0.3	0.3	0.3	2.4	6.6
	Δст, %	3.9	3.9	3.9	4.3	8.4	0
	Тст	2012	2012	2012	2012	2012	2012
	Rтр	0.08	0.08	0.08	0.07	0.22	0.36
Тобольск	Δтр, %	0.5	0.3	0	0.7	1.4	0.6
	Δст, %	2.4	2.4	2.4	3.6	4.9	1.2
	Тст	1923	2005	2005	2005	2005	2012
	Rтр	0.1	-0.08	-0.03	-0.12	-0.16	-0.11
Ялуторовск	Δтр, %	0.1	0.1	0.4	0	0.1	2.2
	Δст, %	0.9	0.9	1.5	1.1	1.1	0.2
	Тст	2001	2001	2001	2001	2005	2013
	Rтр	0.05	0.03	0.09	0.02	0.03	-0.21
Ярково	Δтр, %	1	1	1	1	4.2	3.1
	Δст, %	6.1	6.1	6.1	6.3	11.3	0
	Тст	2012	2012	2012	2012	2012	2013
	Rтр	0.14	0.14	0.14	0.14	0.29	0.25
Викулово	Δтр, %	0.2	1	0.4	0.2	0.1	3.6
	Δст, %	1.5	4.6	1.6	1.7	2.5	0.4
	Тст	1972	1970	2001	2001	2007	2011
	Rтр	-0.07	-0.14	0.09	0.07	-0.05	-0.26
Ишим	Δтр, %	0.2	0.2	1.9	2	1.1	0.1
	Δст, %	1.4	1.7	3.3	3.3	3.4	2.9
	Тст	2012	2012	2012	2012	2012	2012
	Rтр	0.07	0.07	0.19	0.2	0.15	0.04
Новосибирск	Δтр, %	0.5	0.3	0.2	0.6	0.1	1.5
	Δст, %	3	2.5	3.5	2.3	1.3	0.5
	Тст	1981	1981	1981	1991	2000	2012
	Rтр	0.1	0.07	0.06	-0.11	0.05	-0.17
Карасук	Δтр, %	0.9	0	0	0.4	0.1	4.1
	Δст, %	3.1	0.5	1.7	1.2	0.9	2.1
	Тст	1956	1982	1982	2002	2002	2010
	Rтр	0.13	-0.03	0.02	-0.09	-0.04	-0.28
Северный	Δтр, %	1.3	0	0	0.1	0.2	0.2
	Δст, %	5.2	0.4	0.7	1.3	1.6	2.7
	Тст	1952	2002	1990	1990	2011	2011
	Rтр	0.16	-0.01	-0.03	-0.05	0.07	0.06
Чистоозерный	Δтр, %	2.4	2.4	2.4	3.1	5.1	1
	Δст, %	4.8	4.8	4.8	5.9	3.1	0
	Тст	2000	2000	2000	2000	2012	2011
	Rтр	0.22	0.22	0.22	0.25	0.31	-0.14
Купино	Δтр, %	1.6	0.6	0.5	0.3	2.1	0.7
	Δст, %	2.3	2.2	2.3	2.6	4.7	6.7
	Тст	2013	2013	2013	2013	2013	2013
	Rтр	0.18	0.11	0.1	0.08	0.21	0.12
Красноозерск	Δтр, %	0.1	0.9	1.4	0.3	5.1	0.6
	Δст, %	1.9	3.8	2.5	3.7	9.1	7
	Тст	1956	1977	1991	2013	2013	2013
	Rтр	0.05	-0.13	-0.17	0.08	0.32	0.1
Колывань	Δтр, %	4.3	3.4	2	0.2	0.5	2
	Δст, %	6.1	5.4	4.3	2.3	2.1	0.8

	Тст	1981	1981	1981	1995	2000	2010
	Rгр	0.29	0.26	0.2	0.06	0.1	-0.2
Кемерово	Δтр, %	6.4	2.8	0.3	0.3	0.5	0.4
	Δст, %	11	5.8	2.8	2.6	2.9	0.2
	Тст	1969	1981	1981	1990	2006	2012
	Rгр	0.35	0.24	0.08	-0.08	0.1	-0.09
Барзас	Δтр, %	13.1	13.1	13.1	7.8	6.1	0.2
	Δст, %	13.9	13.9	13.9	10	6.4	3.3
	Тст	2000	2000	2000	2000	2012	2012
	Rгр	0.49	0.49	0.49	0.39	0.34	0.06
Тайга	Δтр, %	1	0.4	0	0	0.5	0
	Δст, %	2.7	1.7	0.7	1	2.7	1.3
	Тст	1969	1975	2006	2006	2006	2012
	Rгр	0.14	0.09	0.01	0.01	0.1	0
Тисуль	Δтр, %	2.2	1.4	0.3	0.4	0.8	0
	Δст, %	4.6	4.1	2.6	3.1	6.6	1.3
	Тст	1976	1976	1981	1992	2003	2010
	Rгр	0.21	0.17	0.07	-0.09	0.13	-0.02
Крапивино	Δтр, %	0	0.2	1	1.8	1	0.2
	Δст, %	1.2	2.8	4.9	12.6	4.2	0
	Тст	1946	1992	1992	1992	2012	2010
	Rгр	-0.01	-0.06	-0.14	-0.19	0.14	0.06
Новокузнецк	Δтр, %	0.2	0.1	0.6	0.2	11	3
	Δст, %	3	4.7	6.8	8.9	10.3	0
	Тст	1990	1990	1990	1990	2000	2010
	Rгр	0.06	-0.03	-0.11	-0.07	0.46	0.24
Усть-Кабырза	Δтр, %	1.3	1.3	1.3	3.5	2.7	0.3
	Δст, %	6.3	6.3	6.3	8.4	8.2	0
	Тст	2012	2012	2012	2012	2012	2010
	Rгр	0.16	0.16	0.16	0.26	0.23	0.07
Большие Уки	Δтр, %	0.2	0	0.2	1.2	0.7	1.4
	Δст, %	1	1	1.8	3.4	2.3	0.3
	Тст	2001	2001	2001	2001	2003	2013
	Rгр	0.06	0.02	0.07	0.15	0.12	-0.17
Любимовка	Δтр, %	2	2	2	2.5	15.9	15.7
	Δст, %	10.1	10.1	10.1	12.1	29.5	0
	Тст	2011	2011	2011	2011	2011	2013
	Rгр	0.2	0.2	0.2	0.22	0.54	0.54
Одесское	Δтр, %	0.1	0	0	0.1	4.3	0.3
	Δст, %	1.1	1.9	2.6	4.2	9.3	6.5
	Тст	2013	2013	2013	2013	2013	2013
	Rгр	-0.04	-0.01	0.01	0.05	0.29	0.07
Омск	Δтр, %	2.1	0.5	1	1.5	3.4	0.7
	Δст, %	3	2.9	3.7	5.5	7.8	6.3
	Тст	2011	2011	2011	2011	2011	2011
	Rгр	0.2	0.1	0.14	0.17	0.26	0.12
Русская Поляна	Δтр, %	0.3	0	0	0.4	2	0
	Δст, %	1.9	1.2	1.6	2.6	4.7	3.3
	Тст	1969	2013	2013	2013	2013	2013
	Rгр	0.08	0.02	0.02	0.09	0.2	0
Тара	Δтр, %	0.1	0.1	0	0.7	0.3	0.5
	Δст, %	1.5	1.1	0.9	1.8	0.8	1.5
	Тст	1952	1972	1980	1997	2012	2012
	Rгр	0.04	-0.05	-0.01	0.12	0.08	0.1
Тюкалинск	Δтр, %	0.7	0.2	0.8	2.4	2.4	0.3
	Δст, %	2	1.7	3	4.8	5.2	2.1
	Тст	2011	2011	2011	2001	2011	2011
	Rгр	0.12	0.07	0.13	0.22	0.22	-0.08

