

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра метеорологии и климатологии

**Многолетняя изменчивость экстремальных температур
на станции Саратов Юго-Восток в период с 1938 по 2020 гг.**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 2 курса 215 группы

направления 05.04.05 Прикладная гидрометеорология

географического факультета

Кузнецовой Ольги Эдуардовны

Научный руководитель

ассистент

Н.М. Шинкарева

Зав. кафедрой

к.г.н., доцент

М. Ю. Червяков

Саратов 2023

ВВЕДЕНИЕ

Во многих регионах земного шара происходят изменения региональных экстремальных значений температуры.

Оценка многолетних экстремумов метеорологических параметров за последние десятилетия представляет интерес в связи с изменением этих параметров на всем земном шаре и, в частности, в крупных городах.

За период с 1901 по 2012 гг. общее потепление составило $0,07^{\circ}\text{C}/10$ лет в среднем для земного шара, и $0,009^{\circ}\text{C}/10$ лет – для России. Начиная с середины 1970-х годов средняя температура приземного воздуха на территории Российской Федерации повышается со средней скоростью $0,43^{\circ}\text{C}/10$ лет [1].

Температура воздуха испытывает значительные пространственные и временные изменения. Изменчивость средних и экстремальных величин связана с физико-географическими особенностями, характером циркуляции атмосферы и временем года. Эти факторы, действуя в тесной взаимосвязи, создают сложную картину распределения температуры воздуха в пространстве и во времени, в течение года и от года к году.

В настоящее время можно проследить рост температур в городах. В первую очередь это связано с застройкой местности. Каждый новый год по своему интересный, интересно пронаблюдать как меняется температура в городах в разное время года.

Целью магистерской работы является анализ многолетней изменчивости максимальной и минимальной температуры воздуха на станции Саратов Юго-Восток за весенне-летний и осенне-зимний периоды с 1938 по 2020 гг.

Задачами магистерской работы являются:

– Рассчитать и проанализировать статистические характеристики экстремальных температур воздуха на станции Саратов ЮВ;

– Рассчитать и проанализировать тренды многолетнего хода экстремальных температур воздуха период на станции Саратов ЮВ.

– Построить и проанализировать графики многолетнего хода температуры воздуха и линейного тренда на станции Саратов ЮВ.

Исходными материалами для выполнения исследования послужили данные об абсолютной максимальной и минимальной температуры воздуха, взятые из областного центра «Саратовского ЦГМС» и справочника «Климат России».

Основное содержание работы

Глобальное изменение климата – это всемирная проблема, с которой каждый год борются. Изменения происходят медленно, но они существенно могут усугубить жизнь на Земле в дальнейшем.

По данным Всемирной метеорологической организации (ВМО, 2020), период 2015-2020 гг. был самым теплым шестилетием, а 2011-2020 гг. – самым теплым десятилетием за всю историю наблюдений. Начиная с 1980-х годов каждое последующее десятилетие было теплее, чем любое предыдущее после 1850 года. Современная средняя глобальная температура приземного воздуха составила примерно $14,9^{\circ}\text{C}$, что на $1,2^{\circ}\text{C}$ выше, чем в доиндустриальную эпоху. Средние темпы потепления приземного воздуха в течение 1976-2020 гг. составили $0,18^{\circ}\text{C}/10$ лет в глобальном масштабе, и только за этот период глобальная температура выросла на $0,8^{\circ}\text{C}$. Особенно быстро температура повышалась в Северной полярной области, где за 30 лет (1991-2020 гг.) линейный рост среднегодовой температуры составил около $2,64^{\circ}\text{C}$ (Росгидромет, 2021).

На фоне второй волны глобального потепления на территории Саратова и области хорошо заметны климатические изменения, особенно в средних многолетних и средних месячных температурах, а также в продолжительности основных и переходных сезонов года [2].

Для исследования была произведена выборка абсолютных максимальных и минимальных значений температуры воздуха на станции Саратов ЮВ за период времени с 1938 года по 2020 гг.

По выбранным данным был проведен расчет статистических характеристик, нужных для нахождения линейного тренда, который в свою очередь позволяет сделать анализ многолетнего хода экстремальных температур воздуха. Анализ многолетней изменчивости максимальной и минимальной температуры воздуха производится на основе линейного тренда. Был проведен расчет коэффициентов линейного тренда для

многолетней изменчивости максимальной и минимальной температуры воздуха за весенне-летний и осенне-зимний периоды [3, 4].

Пример многолетней изменчивости максимальной температуры воздуха на станции Саратов ЮВ в весенний период приводится в таблицах 1 и 2, и на рисунках 1 и 2.

Таблица 1 – Значение коэффициента линейного тренда вида $y = b_0 + b_1x$ для максимальной температуры воздуха на станции Саратов ЮВ в весенний период за 1938-2020 гг., составлено автором

Месяцы	$b_0, ^\circ\text{C}$	$b_1, ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$	Критерий Стьюдента, t_{b1}	Значимость, t_{b1}
Март	5,8	0,05	5,43	значим
Апрель	21,8	0,02	2,88	значим
Май	28,3	0,03	3,72	значим

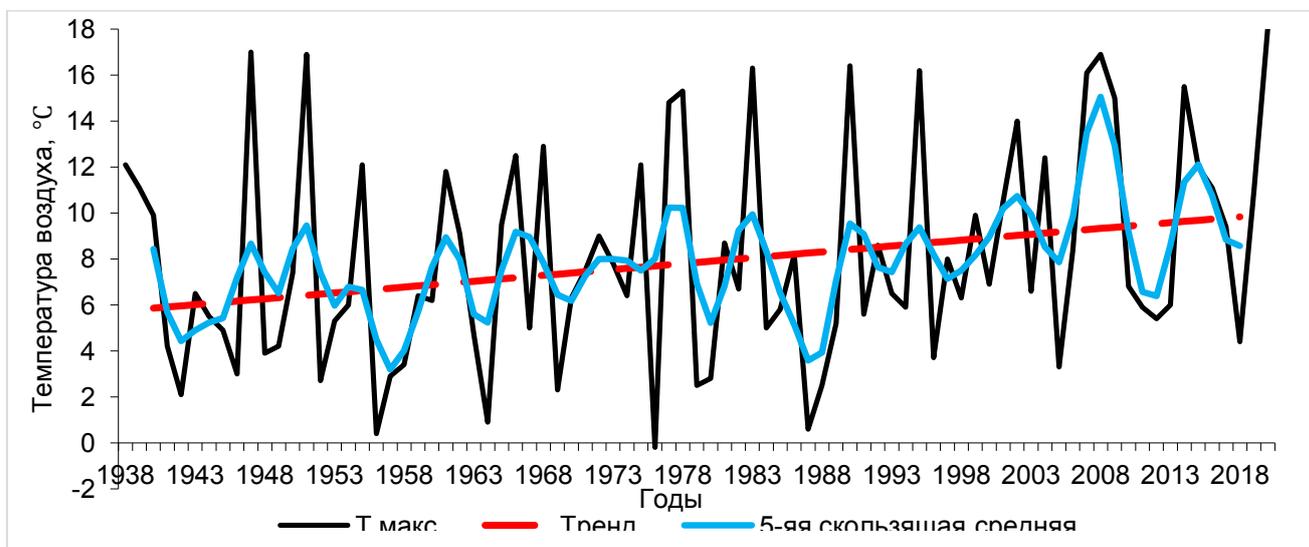


Рисунок 1 – Многолетняя изменчивость максимальной температуры воздуха за март на станции Саратов ЮВ

Из анализа таблицы 1 и графика 1 видно, что во все весенние месяцы отмечается рост максимальной температуры воздуха: в марте на $0,05^\circ\text{C}$, в апреле на $0,02^\circ\text{C}$, в мае на $0,03^\circ\text{C}$ за 10 лет. В целом за период с 1938 – 2020

гг. рост составляет: март $0,4^{\circ}\text{C}$, апрель $0,16^{\circ}\text{C}$, май $0,24^{\circ}\text{C}$. Критерий Стьюдента показал, что величина линейного тренда значима.

На основе данных произведен аналогичный расчет для максимальной и минимальной температуры для весенне-летнего и осеннего-зимнего периодов.

Анализ минимальной температуры весной показал, что во все весенние месяцы наблюдался рост минимальной температуры воздуха. В марте рост за 10 лет составил $0,08^{\circ}\text{C}$, в апреле $0,03^{\circ}\text{C}$, в мае $0,03^{\circ}\text{C}$. В целом, за исследуемый период с 1938 по 2020 гг. наибольший рост отмечается в марте и составляет $0,64^{\circ}\text{C}$. В апреле и в мае рост меньше и составляет $0,24^{\circ}\text{C}$. Критерий Стьюдента показал, что величина линейного тренда значима.

В июне и в июле отмечается рост максимальной и минимальной температуры: за 10 лет максимальная температура растет на $0,004^{\circ}\text{C}$ и $0,007^{\circ}\text{C}$, соответственно, минимальная растет на $0,028^{\circ}\text{C}$ и на $0,026^{\circ}\text{C}$, соответственно. В августе отмечается падение максимальной и минимальной температуры на $0,02^{\circ}\text{C}$ за 10 лет и $0,004^{\circ}\text{C}$, соответственно. За весь исследуемый период с 1938 по 2020 гг. рост максимальной температуры составил для июня на $0,32^{\circ}\text{C}$, для июля на $0,56^{\circ}\text{C}$, в августе падение составляет $0,16^{\circ}\text{C}$, рост минимальной температуры в июне составляет $0,22^{\circ}\text{C}$, в июле $0,21^{\circ}\text{C}$, в августе падение составило $0,032^{\circ}\text{C}$. Критерий Стьюдента показал, что величина линейного тренда для максимальной температуры незначима для всех летних месяцев, для минимальной температуры критерий значим в июне и в июле, не значим в августе.

Проанализировав максимальную температуру в осенний период можно сделать вывод, что в октябре и в ноябре наблюдается одинаковый рост максимальной температуры воздуха на $0,03^{\circ}\text{C}$ за 10 лет, соответственно. В целом за весь период с 1938 г. по 2020 г. рост в октябре и в ноябре составляет $0,024^{\circ}\text{C}$. В сентябре отмечается незначительное падение максимальной температуры на $0,004^{\circ}\text{C}$ за 10 лет, за весь период – это падение составляет

0,032°C. Критерий Стьюдента показал, что величина линейного тренда значима в октябре и в ноябре, незначима только в сентябре.

Аналогичный анализ расчет с максимальной температурой зимой показал, что во все зимние месяцы отмечается небольшой рост максимальной температуры воздуха за 10 лет на 0,01°C в декабре, на 0,02°C в январе и на 0,04°C в феврале. В целом за период с 1938 – 2020 гг. рост составил: в декабре 0,08°C, в январе 0,16°C, в феврале 0,32°C. Критерий Стьюдента показал, что величина линейного тренда значима для всех зимних месяцев.

Анализ минимальной температуры показал, что во все осенние месяцы отмечается рост минимальной температуры воздуха. В сентябре рост за 10 лет составил 0,03°C, в октябре 0,04°C, в ноябре 0,06°C. За весь исследуемый период с 1938 г. по 2020 г. наибольший рост минимальной температуры отмечался в ноябре и составил 0,48°C. В октябре и сентябре рост немного меньше и составляет 0,32°C и 0,24°C, соответственно. Критерий Стьюдента показал, что величина линейного тренда значима для всех осенних месяцев.

Проведен анализ минимальной температуры воздуха в зимний период. Из анализа видно, что в каждом зимнем месяце отмечается рост минимальной температуры воздуха. В декабре рост за 10 лет составляет 0,06°C, в январе и в феврале одинаковый рост минимальной температуры за 10 лет – 0,07°C. За исследуемый период с 1938 г. по 2020 г. наибольший рост минимальной температуры в декабре составил 0,48°C, в январе и в феврале немного больше, 0,56°C, соответственно.

В таблице 2 приведены значения экстремумов максимальной и минимальной температуры в многолетнем ходе за период с 1938 по 2020 гг.

Таблица 2 – Экстремумы в многолетнем ходе максимальной и минимальной температуры воздуха за период 1938-2020 гг., составлено автором

сезон	месяцы	Макс. температура		Мин. температура	
		Макс. значение	Мин. значение	Макс. значение	Мин. значение
весна	март	18,1°C в 2020 г.	-0,2°C в 1976	3,4°C в 1975 г.	-26,8°C в 1964 г.
	апрель	31,1°C в 1950 г.	15,8°C в 1974	2,3°C в 1953 г.	-17,8°C в 1963 г.
	май	34,1°C в 2015 г.	20,6°C в 1945 г.	7,6°C в 1979 г.	-3,8°C в 1952 г.
лето	июнь	39,5°C в 1998 г.	24,0°C в 2003 г.	12,9°C в 1988 г.	1,8°C в 1967 г.
	июль	40,4°C в 1971 г.	28,7°C в 1985 г.	16,7°C в 2010 г.	6,4°C в 1957 г.
	август	40,7°C в 1940 г.	27,2°C в 1990 г.	13,6°C в 1953 г.	4,3°C в 1944 г.
осень	сентябрь	36,9°C в 2010 г.	18,4°C в 1993 г.	10,0°C в 2001 г.	-2,9°C в 1941 г.
	октябрь	25,1°C в 1991 г.	11,0°C в 1976 г.	1,1°C в 1955 г.	-13,0°C в 1968 г.
	ноябрь	17,0°C в 2019 г.	2,0°C в 1993 г.	-4,4°C в 2008 г.	-24,7°C в 1998 г.
зима	декабрь	9,8°C в 1979 г.	-0,9°C в 1944 г.	-11,2°C в 2017 г.	-33,4°C в 1958 г.
	январь	8,1°C в 1948 г.	-5,6°C в 1969 г.	-9,4°C в 2020 г.	-37,3°C в 1942 г.
	февраль	8,2°C в 2020 г.	-10,6°C в 1954 г.	-8,5°C в 2016 г.	-34,8°C в 1956 г.

Далее для анализа аномальных теплых и аномально холодных годов применялись статистические характеристики: средняя величина, дисперсия и среднее квадратическое отклонение, среднее абсолютное отклонение, размах варьирования, коэффициент вариации, доверительный интервал [5,6].

По данным климатических норм и средних величинах построены графики многолетнего хода максимальной и минимальной температуры, которые показывают аномально теплые и аномально холодные года. Пример многолетнего хода максимальной температуры воздуха за весенний сезон за период 1938 – 2020 гг. представлен на рисунке 3.

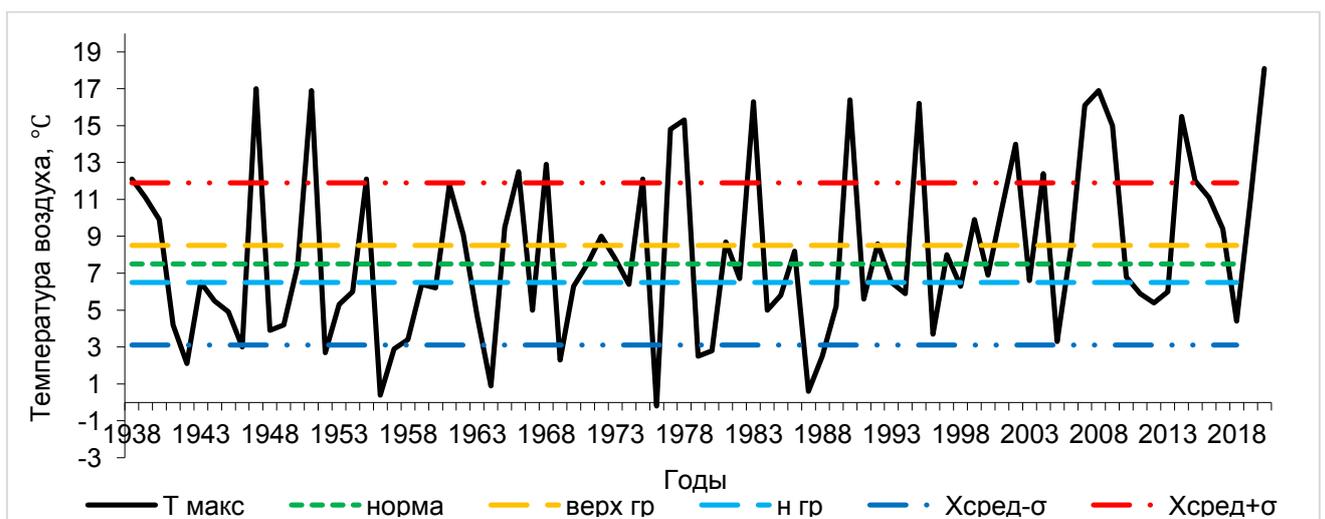


Рисунок 3 – Многолетний ход максимальной температуры воздуха в марте на станции Саратов ЮВ (составлено автором)

Из графика 3 следует, что лишь в определенные года фактические значения максимальной температуры воздуха соответствуют норме. В марте значения фактических максимальных температур выше нормы отмечаются в 20 случаях, ниже нормы максимальной температуры оказались в марте 12 случаях.

Аналогичные графики построены для летнего и осенне-зимнего периодов. Из анализа данных следует, что в марте значения фактических минимальной температур выше нормы отмечаются в 16 случаях, в мае в 19 случаях. Ниже нормы минимальной температуры оказались в марте в 11 случаях, в мае в 10 случаях. Интересно отметить, что практически равное количество значений выше и ниже нормы минимальной температуры отмечалось в апреле, 12 и 11 случаев, соответственно. Больше 20% значений минимальной температуры воздуха оказались выше нормы и около 12-13% ниже нормы.

В июне, в июле и в августе значения фактических максимальных температур выше нормы отмечаются в 15 случаях, ниже нормы отмечаются в 11, 12 и в 13 случаях, соответственно. Выходит, что больше 13-15% значений максимальной температуры воздуха наблюдаются выше и ниже нормы.

В июле значения фактических минимальных температур выше нормы отмечаются в 18 случаях, ниже нормы в 10 случаях. В августе наблюдается одинаковое число случаев с фактической температурой выше и ниже нормы, а именно 14 случаев. Интересно отметить, что в июне число случаев с минимальной температурой ниже нормы отмечается больше, чем выше нормы, а именно ниже нормы 21 случая, выше нормы – 5 случаев. В июне больше на 27% значений минимальной температуры ниже нормы, чем выше нормы. В июле наоборот, больше 22% значений минимальной температуры оказалось выше нормы, чем значений ниже нормы 12%. В августе

одинаковое количество значений минимальной температуры выше и ниже нормы, 17%.

В сентябре значения фактических максимальных температур выше нормы отмечаются в 14 случаях, ниже нормы в 9 случаях. В октябре значения максимальной температуры выше нормы встречается в 15 случаях, а ниже нормы в 11 случаях. В ноябре значения фактических максимальных температур выше нормы отмечаются в 19 случаях, ниже нормы в 11 случаях. Следовательно, больше 17-23% значений максимальной температуры воздуха в каждом месяце оказались выше нормы и около 11-13% ниже нормы.

В сентябре и в октябре одинаковое значение фактических минимальных температур выше нормы – 15 случаев, ниже нормы отмечается в 13 и 14 случаях, соответственно. В ноябре значений минимальной температуры выше нормы встречаются в 13 случаях, ниже нормы – в 11 случаях. Таким образом, выше нормы почти 16-18% случаев, а ниже нормы 13-16%.

В декабре значения фактических максимальных температур выше нормы отмечаются в 16 случаях, ниже нормы в 11 случаях, в январе значения выше нормы встречаются в 10 случаях, а ниже нормы в 8 случаях. В феврале получатся наоборот, значения фактических максимальных температур выше нормы отмечаются реже, чем значения ниже нормы, а именно 7 и 9 случаев, соответственно. Таким образом, аномально теплых годов в декабре больше на 19%, а аномально холодных – 13%. В январе значений максимальной температуры воздуха выше нормы встречаются в 12% случаев, ниже нормы – около 10%. Аномально теплые и аномально холодные года в феврале за весь исследуемый период встречаются меньше, чем года в пределах нормы. Следовательно, за период с 1938 по 2020 гг. аномальных годов в феврале встречаются всего 19%.

В декабре значения фактических минимальных температур выше нормы и ниже нормы отмечаются одинаковое количество раз, а именно 15

случаев. В январе значения выше нормы наблюдаются в 16 случаях, а ниже нормы – 11 случаев. В феврале значения фактических минимальных температур выше нормы встречаются в 17 случаях, ниже нормы в 13 случаях. В декабре значения выше нормы и ниже нормы встречаются в 18% случаях. В январе выше нормы в 19%, а ниже нормы в 13%, в феврале значения выше нормы отмечаются в 20,5%, ниже нормы – 15,7%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований и анализу многолетнего хода максимальной и минимальной температуры на станции Саратов ЮВ за период с 1938 по 2020 гг. установлено, что максимальная температура растет во всех месяцах в каждом периоде, лишь в отдельные месяцы летом и осенью отмечается незначительное падение; минимальная температура растет во все месяцы (кроме летнего месяца – августа). Следовательно, температура имеет тенденцию к увеличению.

В целом за исследуемый период число случаев с аномально жаркой погодой больше, чем с аномально холодной погодой. Только в июне отмечается обратная ситуация. Стоит отметить, что все эти случаи были в начале прошлого века, и к данному времени таких выпадов уже не отмечается, и это никак не влияет на линейный тренд, который по расчетам показывает увеличение температуры воздуха, и тренд значим.

Проведенное исследование показало тенденцию к изменению температуры воздуха в одном небольшом городе, где прослеживается увеличение температуры, если рассматривать более крупные города и страну в целом, можно сказать, что в настоящее время глобальное потепление доказано.

Основные положения и материалы работы докладывались на следующих конференциях:

1. Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2022» (Россия, Москва, МГУ 2022)

2. XVIII Большой географический фестиваль 2022 (Россия, Санкт-Петербург, СПбГУ, Институт Наук о Земле, 2022)
3. XIX Большой географический фестиваль 2023 (Россия, Санкт-Петербург, СПбГУ, Институт Наук о Земле, 2023)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М. : 2014. – С. 8–10.
2. Морозова, С.В., Левицкая, Н.Г., Орлова, И.А. Климатические изменения в Нижневолжском регионе на фоне глобального потепления на примере Саратова). Известия Саратовского университета. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. Т. 13, вып. 1. 2013. – с. 46-49.
3. Чичасов, Г.Н. Численные методы обработки и анализа информации. – Алматы., Казгидромет., 1995. – 106 с.
4. Исаев, А.А. Статистика в метеорологии и климатологии. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 245 с.
5. Хандожко, Л.А., Экономическая метеорология. – СПб. : Гидрометеоиздат, 2005 . – 490 с.
6. Верещагин, М.А., Наумов, Э.П., Шанталинский, К.М. Статистические методы в метеорологии. - К.: Изд-во Казгу., 1990. - 109 с.