

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551.583

doi: 10.17072/2079-7877-2023-1-116-126

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ
ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ**Елена Викторовна Носкова¹✉, Ирина Леонидовна Вахнина²¹Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Чита, Россия¹elena-noskova-2011@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-9782-1996>, Scopus Author ID: 57190496358, Author ID: 696661, ResearcherID: J-3245-2018, SPIN-код: 7361-3260²vahnina_il@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5111-6255>, Scopus Author ID: 57211293834, Author ID: 615525, ResearcherID: P-2412-2018, SPIN-код: 6736-3412

Аннотация. Представлена пространственно-временная оценка изменения метеорологических параметров, характеризующих температурный режим Забайкальского края за период современного потепления, начавшийся в середине 70-х гг. XX в. Проведен анализ как среднегодовой, так и среднесезонной температуры воздуха, а также таких важных показателей теплообеспеченности, как устойчивые периоды с различными температурами воздуха, период без заморозков, их начало и окончание, суммы температур воздуха выше 5 и 10°C. Показано распределение рассматриваемых характеристик и их изменений по геоадминистративным районам края. Выявлено, что на территории Забайкальского края за период исследования наряду с повышением среднегодовой температуры воздуха, обусловленным в большей степени интенсивным ростом в весенние месяцы, наблюдается и увеличение продолжительности устойчивых периодов выше определенных температур воздуха и периода без заморозков. Даты их наступления стали отмечаться раньше весной и позднее – осенью. Возросли также суммы температур выше 5 и 10°C. Для последнего десятилетия характерен наиболее интенсивный рост температур воздуха, особенно в зимние месяцы. Исходя из этого скорость роста большинства других рассматриваемых в работе параметров, преимущественно характеризующих теплообеспеченность теплого периода, в последние годы снижается. Полученные результаты могут быть использованы в качестве научной основы для планирования отраслевых и региональных стратегий адаптации к современным изменениям климата.

Ключевые слова: климат, скорость потепления, температура воздуха, устойчивый переход, заморозки, Забайкальский край

Благодарность. Работа выполнена в рамках государственного задания ИПРЭК СО РАН по теме «Механизмы обеспечения экономической устойчивости и экологической безопасности в новой модели развития регионов Востока РФ в условиях трансграничных отношений и глобальных вызовов 21 в.» (№ гос. регистрации 121032200126-6).

Для цитирования: Носкова Е.В., Вахнина И.Л. Анализ современных пространственно-временных изменений температуры воздуха в Забайкальском крае // Географический вестник. 2023. № 1(64). С. 116–126. doi: 10.17072/2079-7877-2023-1-116-126.

METEOROLOGY

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2023-1-116-126

**ANALYSIS OF MODERN SPATIO-TEMPORAL CHANGES IN AIR TEMPERATURE
IN THE TRANS-BAIKAL TERRITORY**Elena V. Noskova¹✉, Irina L. Vakhnina²^{1,2}Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russia¹elena-noskova-2011@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-9782-1996>, Scopus Author ID: 57190496358, Author ID: 696661, ResearcherID: J-3245-2018, SPIN-код: 7361-3260²vahnina_il@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5111-6255>, Scopus Author ID: 57211293834, Author ID: 615525, ResearcherID: P-2412-2018, SPIN-код: 6736-3412

Abstract. The article presents a spatio-temporal assessment of the changes in meteorological parameters characterizing the temperature regime of the Trans-Baikal Territory during the period of modern warming, which began in the mid-1970s. We analyzed both the average annual and average seasonal air temperatures as well as important indicators of heat supply such as stable periods with different air temperatures, a period without frosts, their beginning and end, the sum of air temperatures above 5 and 10°C. The distribution of the considered characteristics and their changes by geo-administrative districts of the region is shown. For the study period, along with an increase in the average annual air temperature, mainly associated with intensive growth in the spring months, there



*Метеорология**Носкова Е.В., Вахнина И.Л.*

is also noted an increase in the duration of stable periods above certain air temperatures and a period without frosts. The dates of their onset began to be noted earlier in the spring and later in the autumn. The sums of temperatures above 5 and 10°C have also increased. The last decade has been characterized by the most intensive rise in air temperatures, especially in the winter months. As a result, the growth rate of most of the other parameters considered in the paper, which mainly characterize the heat supply of the warm period, has been declining in recent years. The results obtained can be used as a scientific basis for planning sectoral and regional strategies for adaptation to modern climate change.

Keywords: climate, warming rate, air temperature, stable transition, frosts, Trans-Baikal Territory

Funding. The study was carried out as part of the state assignment of the INREC SB RAS on the topic 'Mechanisms for ensuring economic sustainability and environmental security in a new model for the development of the regions of the East of the Russian Federation in the context of cross-border relations and global challenges of the 21st century' (state registration No. 121032200126-6).

For citation: Noskova E.V., Vakhnina I.L. (2023). Analysis of modern spatio-temporal changes in air temperature in the Trans-Baikal Territory. *Geographical Bulletin*. No. 1(64). Pp. 116–126. doi: 10.17072/2079-7877-2023-1-116-126.

Введение

Проблема климатических изменений, связанных с ростом температуры воздуха, заняла беспрецедентный уровень, затрагивающий экономические, социальные, технологические, а также политические процессы. Согласно последнему оценочному докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [18], глобальная приземная температура будет повышаться. Безусловно, это повлечет за собой значительные эколого-климатические проблемы и их экономические последствия во всех регионах земного шара. В то же время отмечаются и положительные моменты вследствие увеличения температуры воздуха. К примеру, в ряде работ утверждается, что повышение теплообеспеченности может вызвать рост продуктивности растениеводства [5; 7; 16; 20]. Неоднозначные аспекты климатических изменений требуют более детального изучения метеорологических показателей и в значительной мере особенностей изменения термического режима с использованием актуальных данных в рамках отдельных субъектов. Результаты мониторинга климатических параметров составят научную основу для планирования отраслевых и региональных стратегий адаптации к современным изменениям климата [3; 13; 14; 15].

Результаты исследования изменений приземной температуры воздуха на юге Сибири [1; 2; 6; 11; 12 и др.] свидетельствуют о неоднородности как межгодовых, так и сезонных ее тенденций, что обуславливает актуальность углубленного изучения современных пространственно-временных изменений метеорологических параметров, характеризующих температурный режим в отдельных регионах.

Материалы и методы исследования

Исследование пространственно-временных характеристик отдельных показателей температурного режима на территории Забайкальского края выполнено с использованием однородных рядов данных наблюдений за период с 1976 по 2021 г. 27 метеорологических станций Федерального государственного бюджетного учреждения «Забайкальское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ЗабУГМС), которые объединены в группы [17].

Анализ многолетних изменений приземной температуры воздуха выполнен с использованием рядов наблюдений за ее среднемесячными значениями. Для определения продолжительности устойчивых периодов с различными температурами воздуха, периода без заморозков, а также их начала и окончания использованы данные наблюдений за средней и минимальной температурой воздуха суточного разрешения.

Даты устойчивых переходов определены в соответствии с Методическими указаниями [8]. За заморозок принимался день, в который было отмечено понижение температуры воздуха на поверхности почвы до 0°C и ниже при положительной средней суточной температуре воздуха [4].

Метеорология

Носкова Е.В., Вахнина И.Л.

Аномальные значения во временном ряду ниже или выше среднего за 1976–2021 гг. на 2 и более среднеквадратических отклонения ($\pm 2\sigma$) принимались за существенно отличающиеся от среднего с доверительной вероятностью равной либо больше 95 % [19].

Для определения параметров линейных трендов многолетних изменений применялся метод наименьших квадратов. Анализ их достоверности проводился с использованием t-критерия Стьюдента при уровне значимости $\alpha=5\%$.

Результаты исследования и их обсуждение

Среднегодовая температура воздуха на территории Забайкальского края за период с 1976 по 2021 г. составляет в среднем $-2,6^{\circ}\text{C}$, изменяясь от более $-1,0^{\circ}\text{C}$ в центральных и южных геоадминистративных районах до почти $-6,0^{\circ}\text{C}$ в северных (табл. 1). Пространственное распределение среднесезонной температуры схоже с распределением среднегодовой: минимальные значения характерны для севера края (северные районы), максимальные – для центра и юга за исключением летнего периода, когда наибольшие значения отмечаются на юго-востоке.

Таблица 1

Температура воздуха в Забайкальском крае и его геоадминистративных районах в среднем за 1976–2021 гг.
Air temperature in the Trans-Baikal Territory and its geo-administrative districts on average for 1976–2021

Районы	Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$				
	годовая	сезонная			
		зимняя	весенняя	летняя	осенняя
Край	-2,6	-23,7	-0,4	16,2	-2,7
Западные	-2,4	-22,3	-0,2	15,3	-2,4
Центральные	-0,6	-19,7	1,1	17,1	-0,8
Южные	-0,8	-19,3	0,9	16,2	-1,1
Юго-восточные	-1,4	-22,9	0,7	17,6	-1,2
Восточные	-3,2	-26,4	-0,3	17,0	-3,1
Северные	-5,7	-28,7	-3,1	15,0	-5,9

В среднем по территории Забайкальского края средняя температура воздуха в январе, как самого холодного месяца в году, опускается до $-26,3^{\circ}\text{C}$ и варьирует по территории от $-21,6^{\circ}\text{C}$ (южные районы) до $-29,0^{\circ}\text{C}$ (восточные районы), в северных она достигает минимума ($-31,3^{\circ}\text{C}$). Средняя температура июля, как самого теплого месяца, в среднем по краю равна $17,9^{\circ}\text{C}$ и изменяется по территории от $16,8$ на севере до $19,3^{\circ}\text{C}$ на юго-востоке.

Существенно отличающейся от среднемноголетнего значения за 1976–2021 гг. в среднем по краю была температура воздуха в 2020 г., равная $-1,0^{\circ}\text{C}$. Этот год на большинстве метеостанций был самым теплым за весь период исследования [9]. По районам края аномалии температуры воздуха, превышающие два среднеквадратических отклонения ($+2\sigma$) от среднегодового значения, отмечались также в 2007 г. в западных и южных районах и в 2021 г. в восточных и в северных. Температура воздуха существенно меньше среднего (менее -2σ) была зафиксирована в 1984 г. на западе края, в 1976 и 1977 гг. – на востоке и в 1977 и 1987 гг. на севере.

Если рассматривать сезонные аномалии температуры, то самыми холодными за 1976–2021 гг., когда температура воздуха опускалась существенно ниже средней по краю, были зимы 1977 и 2001 гг. ($-27,7$ и $-28,2^{\circ}\text{C}$ соответственно), весна 1980 г. ($-3,7^{\circ}\text{C}$) и лето 1983 г. ($14,3^{\circ}\text{C}$). Температура воздуха выше на $+2\sigma$ от среднего отмечалась только летом 2001 г. ($18,1^{\circ}\text{C}$). В осенний период лет с существенно отличающимися от среднего как положительными, так и отрицательными значениями температуры воздуха, зафиксировано не было.

В январе в среднем по краю аномальное значение температуры существенно больше (более $+2\sigma$) среднемноголетнего отмечалось в 1995 г. ($-21,2^{\circ}\text{C}$), меньше – в 1977 ($-31,3^{\circ}\text{C}$) и

Метеорология

Носкова Е.В., Вахнина И.Л.

2001 гг. ($-31,2^{\circ}\text{C}$). В июле холодными были 1978 ($15,5^{\circ}\text{C}$) и 1983 гг. ($15,7^{\circ}\text{C}$). Температура воздуха в июле выше на $+2\sigma$ от среднего за исследуемый период не зафиксирована.

Анализ многолетних изменений среднегодовой температуры воздуха показал, что в рядах ее данных за период 1976–2021 гг. наблюдаются положительные однонаправленные тренды с интенсивным ростом в последние годы (рис. 1). Такая тенденция характерна как для всего края в целом, так и для отдельных его районов.

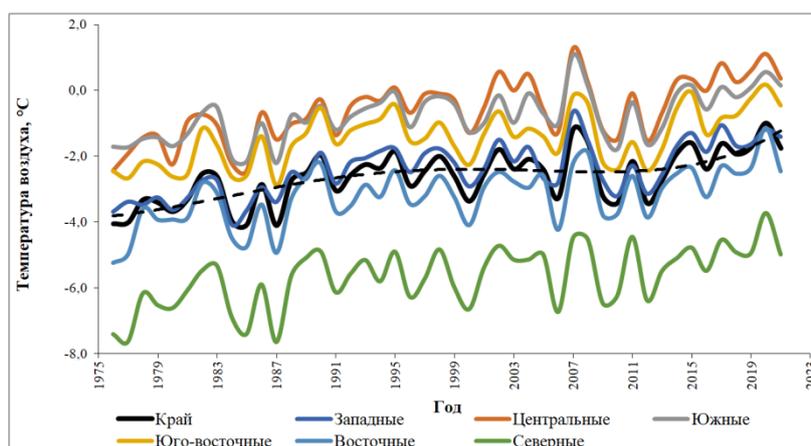


Рис. 1. Межгодовые изменения среднегодовой температуры воздуха в Забайкальском крае и его геоадминистративных районах за 1976–2021 гг. (черной пунктирной линией показан полиномиальный тренд 5-й степени в среднем для территории края)

Fig. 1. Interannual changes in the average annual air temperature in the Trans-Baikal Territory and its geo-administrative districts for 1976–2021 (the black dotted line shows the polynomial trend of the 5th degree on average for the territory of the region)

В среднем по краю увеличение среднегодовой температуры составило $0,39^{\circ}\text{C}/10$ ($1,8^{\circ}\text{C}$ за 46 лет), изменяясь по территории от $0,33^{\circ}\text{C}/10$ лет в южных районах до $0,47$ в центральных (табл. 2). За последние 11 лет (2011–2021 гг.) среднегодовая температура в крае увеличилась на $1,5^{\circ}\text{C}$, что в 3,5 раза больше по сравнению с периодом 1976–2021 гг., в отдельных геоадминистративных районах – от 2,3 раз на севере до 5,1 раз на юго-востоке.

Таблица 2

Значения линейных трендов температуры воздуха в Забайкальском крае и его геоадминистративных районах за 1976–2021 гг.

The values of linear trends in air temperature in the Trans-Baikal Territory and its geo-administrative districts for 1976–2021

Районы	Тренд температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}/10$ лет				
	Год	Сезон			
		зима	весна	лето	осень
Край	<u>0,39</u>	0,30	<u>0,56</u>	<u>0,40</u>	<u>0,47</u>
Западные	<u>0,41</u>	<u>0,43</u>	<u>0,61</u>	<u>0,43</u>	0,20
Центральные	<u>0,47</u>	0,36	<u>0,69</u>	<u>0,49</u>	<u>0,33</u>
Южные	<u>0,33</u>	0,15	<u>0,54</u>	<u>0,30</u>	0,19
Юго-восточные	<u>0,34</u>	0,17	<u>0,54</u>	<u>0,42</u>	<u>0,27</u>
Восточные	<u>0,39</u>	0,36	<u>0,50</u>	<u>0,37</u>	<u>0,32</u>
Северные	<u>0,41</u>	0,36	<u>0,55</u>	<u>0,42</u>	<u>0,29</u>

Примечание: подчеркнуты статистически достоверные значения трендов при 5%-ном уровне значимости.

Note: statistically significant trend values at the 5% significance level are underlined.

Наибольшими значениями линейного тренда за 1976–2021 гг. характеризуется весенняя температура воздуха, наименьшими – зимняя (см. табл. 2). В 2011–2021 гг. максимальный ее рост характерен для зимы от 6 (западные и центральные районы) до 20 (юго-восточные) раз по сравнению с величиной тренда за 1976–2021 гг. Разница в темпах потепления в последнее десятилетие весной составляет от 1,5 (север) до 3,7 (юго-восток) раз, осенью – от

Метеорология

Носкова Е.В., Вахнина И.Л.

3,9 (север) до 9,5 (юг) раз. В летний же период в крае и большинстве его районов температура воздуха снизилась и только в западных и юго-восточных районах наблюдается ее небольшое увеличение.

Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0°C в весенний и осенний сезоны происходит в среднем по краю в середине апреля и в середине октября соответственно, через 5°C – в первых числах мая и в третьей декаде сентября, через 10°C – в конце второй декады мая и во второй декаде сентября, через 15°C – в середине июня и в конце 2-й декады августа (табл. 3).

Таблица 3

Даты устойчивых переходов температуры воздуха через определенные градации в Забайкальском крае и его геоадминистративных районах в среднем за 1976–2021 гг.

Dates of stable transitions of air temperature through certain gradations in the Trans-Baikal Territory and its geo-administrative districts on average for 1976–2021

Районы	Дата перехода							
	через 0°C		через 5°C		через 10°C		через 15°C	
	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень
Край	12.04	13.10	2.05	26.09	20.05	8.09	12.06	20.08
Западные	12.04	12.10	3.05	24.09	25.05	5.09	17.06	14.08
Центральные	8.04	17.10	29.04	1.10	17.05	12.09	8.06	23.08
Южные	10.04	15.10	29.04	29.09	18.05	10.9	10.06	22.08
Юго-восточные	9.04	17.10	27.04	1.10	15.05	14.09	4.06	29.08
Восточные	10.04	13.10	30.04	27.09	17.05	11.09	10.06	22.08
Северные	20.04	6.10	9.05	20.09	27.05	3.09	20.06	10.08

Как правило, на территории исследования более ранние сроки устойчивых переходов через определенные температуры воздуха весной характерны для центральных и юго-восточных районов, поздние – для северных (см. табл. 3), осенью же окончание периодов с определенной температурой воздуха по районам наблюдается в обратном порядке. Продолжительность устойчивого периода с температурой воздуха выше 0°C в среднем за 1976–2021 гг. в Забайкальском крае составляет 184 дня, выше 5°C – 148 дней, выше 10°C – 111 дней, выше 15°C – 69 дней. Наибольшая продолжительность периодов характерна для юго-восточных районов (для периода с температурой выше 0°C – еще и центральных), наименьшая – для северных.

Максимальная аномальная продолжительность устойчивого периода с температурой воздуха выше 0°C в среднем по краю была отмечена в 1990 г., когда она составила 200 дней и превысила среднее значение более чем на $+2\sigma$. Лет с продолжительностью ниже на -2σ от среднего за исследуемый период не выявлено. Весной самый ранний аномальный переход через 0°C отмечался в 2014 г. (26 марта) Самые поздние аномальные переходы весной не наблюдались. Осенний самый поздний аномальный переход был зафиксирован в 1990 и 1995 гг. (22 октября), самый ранний – в 2016 г. (4 октября).

Для устойчивого перехода через 5°C аномальные значения были зафиксированы только для самого раннего осеннего перехода в 1987 г. (12 мая) и наибольшей продолжительности этого периода – в 2018 г. (163 дня).

Существенно отличающихся от среднего значений в рядах продолжительности устойчивого периода выше 10°C и их переходах весной и осенью не отмечалось.

Аномальная низкая продолжительность устойчивого периода с температурой воздуха выше 15°C наблюдалась в 1976 г. (46 дней), высокая – в 2001 г. (92 дня). Весной самый поздний аномальный переход был зафиксирован в 1983 г. (28 июня). Осенний самый ранний аномальный переход отмечен в 1979 г. (4 августа). Аномальные самого раннего весеннего и самого позднего осеннего переходов не наблюдались.

Наряду с повышением приземной температуры воздуха на территории Забайкальского

Метеорология
Носкова Е.В., Вахнина И.Л.

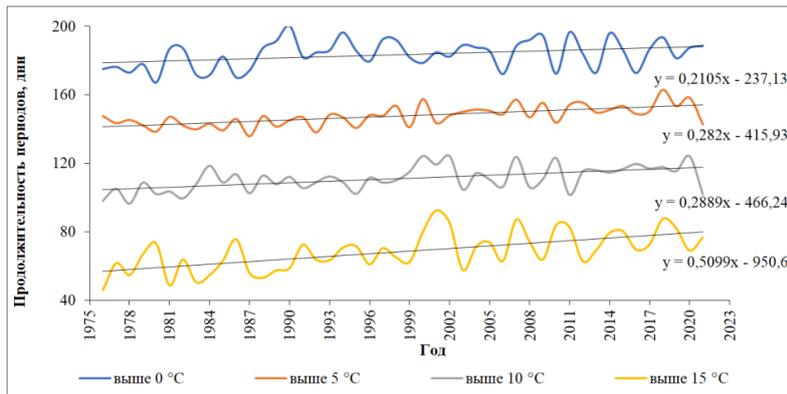


Рис. 2. Межгодовые изменения продолжительности периодов с устойчивой температурой воздуха в Забайкальском крае за 1976–2021 гг. (черной линией показаны линейные тренды)

Fig. 2. Interannual changes in the duration of periods with stable air temperature in the Trans-Baikal Territory for 1976–2021 (the black line shows linear trends)

края наблюдается и значимое повсеместное увеличение продолжительности устойчивых периодов выше определенных температур воздуха (рис. 2).

Для периодов выше 0, 5 и 10°C это увеличение в среднем по краю составило 2,1; 2,8 и 2,9 сут/10 лет, а для периода с температурой воздуха выше 15°C значительно больше – 5,1 сут/10 лет (табл. 4). Наибольшая и наименьшая величины линейного тренда для про-

должительности устойчивого периода с температурой выше 0°C характерны для центра и востока региона соответственно, выше 5°C – для центра и севера, выше 10°C – для юга и севера, выше 15°C – для севера и юго-востока. Динамика продолжительности количества дней с определенными температурами воздуха связана в большей степени с более ранними их наступлениями весной, которые за 1976–2021 гг. в среднем по краю стали происходить на 1,5–2,7 сут/10 лет раньше. Осенью же переходы стали отмечаться позже на 0,2–5,1 сут/10 лет.

Таблица 4

Значения линейных трендов дат устойчивых переходов температуры воздуха через определенные градации в Забайкальском крае и его геоадминистративных районах за 1976–2021 гг.

The values of linear trends in the dates of stable transitions of air temperature through certain gradations in the Trans-Baikal Territory and its geo-administrative districts for 1976–2021

Районы	Тренд даты перехода, сут/10 лет							
	через 0 °С		через 5 °С		через 10 °С		через 15 °С	
	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень
Край	<u>-1,9</u>	0,2	<u>-2,1</u>	0,7	<u>-1,5</u>	<u>1,4</u>	<u>2,7</u>	<u>5,1</u>
Западные	<u>-2,6</u>	0,4	<u>-1,8</u>	0,8	-1,0	<u>1,3</u>	<u>2,8</u>	<u>6,6</u>
Центральные	<u>-2,7</u>	0,8	<u>-2,1</u>	0,8	<u>-2,1</u>	<u>1,3</u>	<u>3,4</u>	<u>5,3</u>
Южные	<u>-2,2</u>	-0,3	<u>-2,4</u>	0,3	<u>-2,1</u>	<u>1,8</u>	<u>2,4</u>	<u>4,7</u>
Юго-восточные	<u>-1,7</u>	-0,2	<u>-2,4</u>	0,6	<u>-2,0</u>	<u>1,3</u>	<u>1,6</u>	<u>2,9</u>
Восточные	-1,2	0,2	<u>-1,7</u>	<u>0,9</u>	<u>-1,6</u>	<u>1,7</u>	<u>2,1</u>	<u>3,9</u>
Северные	<u>-1,4</u>	0,7	<u>-2,1</u>	<u>1,0</u>	-0,7	0,9	<u>4,1</u>	<u>7,2</u>

Примечание: подчеркнуты статистически достоверные значения трендов при 5%-ном уровне значимости.

Note: statistically significant trend values at the 5% significance level are underlined.

Следует отметить, что за 2011–2021 гг. сроки устойчивых переходов через 5, 10 и 15°C стали происходить позже весной и позже осенью, через 0°C – раньше весной и раньше осенью. Продолжительность устойчивых периодов с температурой воздуха выше 0 и 5°C в эти годы сократилась на 0,4 и 1,2 сут/10 лет соответственно, выше 10 и 15°C – увеличилось на 3,9 сут/10 лет каждый. По районам изменение неравномерное. Например, на севере края значительно (на 13,2 сут/10 лет) увеличилось количество дней с температурой воздуха выше 10°C, хотя в среднем за весь период повышение здесь было минимальным, а выше 15°C уменьшилось на 0,8 сут/10 лет при максимальном росте за весь период.

Теплообеспеченность вегетационного периода в Забайкальском крае оценивалась суммами активных температур воздуха выше 5 и 10°C за май-сентябрь за 1976–2021 гг. Суммы температур воздуха выше 10°C в среднем по территории края составляют около 1750°C (табл. 5), варьируя от значений более 2000°C на юго-востоке края до менее 1500°C

Метеорология

Носкова Е.В., Вахнина И.Л.

на севере [10]. Суммы температур воздуха выше 5°C в среднем по краю превышают значения сумм выше 10°C почти на 200°C с наибольшей разницей на западе и севере края (более 250°) и наименьшей – на юге (менее 90°C).

Таблица 5

Сумма температур воздуха выше 5 и 10°C за май–сентябрь в Забайкальском крае и его геоадминистративных районах в среднем за 1976–2021 гг.
The sum of air temperatures above 5 and 10°C for May-September in the Trans-Baikal Territory and its geo-administrative districts on average for 1976–2021

Районы	Выше 5°C	Выше 10°C
Край	1955	1759
Западные	1834	1571
Центральные	2111	1898
Южные	1978	1891
Юго-восточные	2150	2002
Восточные	2084	1870
Северные	1737	1486

Сумма температур воздуха выше 10°C, превышающая среднее более чем на +2σ, в среднем по краю была отмечена в 2002 г. (2061°C), выше 5°C – в 2007 г. (2289°C). Суммы существенно ниже среднего за период исследования не отмечались.

За 1976–2021 годы суммы температур воздуха выше 5 и 10°C увеличились в среднем по краю на 64 и 70°C / 10 лет соответственно (рис. 3). Наибольший рост характерен для центральных и южных районов, наименьший – для восточных. В последние годы во всех районах наблюдается снижение темпов роста активных температур воздуха по сравнению с периодом 1976–2021 гг., только лишь на западе для сумм выше 5°C линейный тренд за 2011–2021 гг. превышает тренд за общий период в 1,1 раза.

К важным метеорологическим параметрам, характеризующим температурный режим

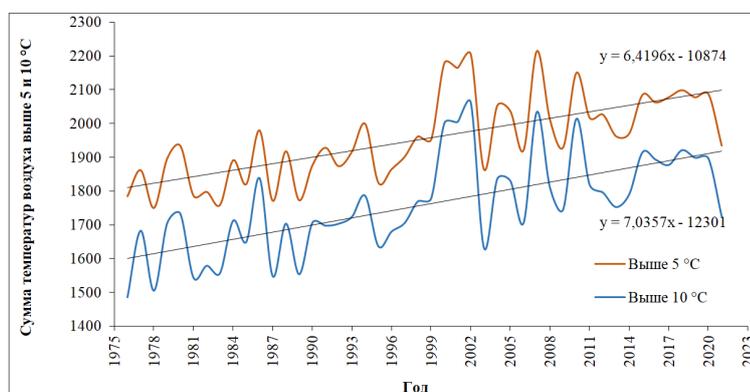


Рис. 3. Межгодовые изменения сумм температур воздуха выше 5 и 10°C за май–сентябрь в Забайкальском крае за 1976–2021 гг.

(черной линией показаны линейные тренды)

Fig. 3. Interannual changes in the sums of air temperatures above 5 and 10°C for May-September in the Trans-Baikal Territory for 1976–2021 (the black line shows linear trends)

территории, также относятся заморозки. В Забайкальском крае заморозки в воздухе наиболее часто отмечаются в мае и в сентябре. В мае их число в среднем по краю составляет 14 дней, в сентябре – 11. В июне и августе заморозки наблюдаются практически ежегодно, а в июле они фиксируются редко. Пространственное распределение числа дней в году с заморозками по районам края составляет за май–сентябрь от 19 на юго-востоке и в центре до более 30 дней на западе и севере.

В Забайкальском крае в среднем за 1976–2021 гг. продолжительность периода без заморозков составляет 92 дня. В центральных, юго-восточных и восточных районах края длительность такого периода превышает 100 дней (102–110). Наименьшая продолжительность периода без заморозков отмечается на севере края (75 дней). В среднем по региону последние заморозки отмечаются 3 июня, первые – 3 сентября. Однако в центральных, юго-восточных и восточных районах последние заморозки происходят в среднем только в третьей декаде мая, а в западных и северных районах первые заморозки встречаются уже в третьей декаде августа (табл. 6).

Метеорология
Носкова Е.В., Вахнина И.Л.

Таблица 6

Даты наступления последних и первых заморозков в Забайкальском крае
и его геоадминистративных районах в среднем за 1976–2021 гг.
Dates of the onset of the last and first frosts in the Trans-Baikal Territory
and its geo-administrative districts on average for 1976–2021

Районы	Дата последних заморозков	Дата первых заморозков
Край	3.06	3.09
Западные	11.06	31.08
Центральные	25.05	12.09
Южные	3.06	4.09
Юго-восточные	25.05	10.09
Восточные	29.05	8.09
Северные	10.06	24.08

За 1976–2021 годы в среднем по территории Забайкальского края выявлен рост продолжительности периода без заморозков на 2,6 сут/10 лет, характерный для всех районов края. Наибольшее увеличение определено для западных и северных районов (на 3,5–4,6 сут/10 лет), наименьшее – для юго-восточных и восточных (0,6–1,6 сут/10 лет).

Увеличение периода без заморозков обусловлено более ранним наступлением последних заморозков (в среднем по краю на 1,8 сут/10 лет) и более поздним – первых (на 0,7 сут/10 лет) (табл. 7). Такая тенденция характерна для всех районов края: тренд дат наступления последних заморозков изменяется от –0,6 сут/10 лет в юго-восточных районах до –3,0 сут/10 лет в западных. Окончание периода без заморозков стало отмечаться позже на 0,1–1,7 сут/10 лет. На юго-востоке дата наступления первых заморозков не изменилась.

Таблица 7

Значения линейных трендов дат наступления последних и первых заморозков в Забайкальском крае
и его геоадминистративных районах за 1976–2021 гг.
The values of linear trends in the dates of the onset of the last and first frosts in the Trans-Baikal Territory
and its geo-administrative districts for 1976–2021

Районы	Тренд даты наступления заморозков, сут/10 лет	
	последнего	первого
Край	<u>–1,8</u>	0,8
Западные	<u>–3,0</u>	<u>1,7</u>
Центральные	<u>–1,9</u>	0,0
Южные	<u>–2,0</u>	0,4
Юго-восточные	–0,6	0,1
Восточные	–1,1	0,5
Северные	<u>–2,1</u>	1,4

Примечание: подчеркнуты статистически достоверные значения трендов при 5%-ном уровне значимости.
Note: statistically significant trend values at 5% significance level are underlined.

За 2011–2021 годы в среднем по краю также отмечается увеличение периода без заморозков, и скорость его роста в 2 раза выше, чем за общий период 1976–2021 гг. По территории края изменение продолжительности безморозного периода за последнее десятилетие происходит неравномерно: в западных, центральных, южных и юго-восточных районах его увеличение в 2,0–3,0 раза превышает темпы роста за общий период в этих районах, а в восточных и северных районах, наоборот, отмечается снижение периода без заморозков в 0,5–2,4 раза.

В рядах данных первых заморозков в последние годы в среднем по краю и в западных и южных районах также наблюдается смещение дат их наступления на более поздние сроки. В остальных районах заморозки стали встречаться раньше. Что касается последних заморозков, то за 2011–2021 гг. они встречаются значительно позднее как в среднем по краю (значение тренда в 4,0 раза выше, чем за 1976–2021 гг.), так и в большинстве районов (в 3,3–20,5 раз), за исключением северных, где они стали отмечаться раньше.

*Метеорология**Носкова Е.В., Вахнина И.Л.*

Сравнение среднемноголетней температуры воздуха за 1976–2021 гг. с климатологической стандартной нормой, определенной за период 1991–2020 гг., рекомендованной ВМО, показало, что в среднем по краю ее значение выше среднего за исследуемый период на $0,3^{\circ}\text{C}$. Те же данные получены и для геоадминистративных районов. За холодный период года (октябрь–апрель) превышение в среднем также составляет $0,3^{\circ}\text{C}$ (от $0,3$ до $0,5^{\circ}\text{C}$ по районам), а за теплый (май–сентябрь) – на $0,4^{\circ}\text{C}$ (от $0,2$ до $0,4^{\circ}\text{C}$). Аналогичные тенденции прослеживаются и в рядах других рассматриваемых параметров, что свидетельствует о том, что полученные положительные тренды являются следствием глобального потепления.

Заключение

Среднегодовая температура воздуха на территории Забайкальского края составляет $-2,6^{\circ}\text{C}$ с наибольшими значениями в центральных и южных районах и минимальными в северных. Средняя температура самого холодного месяца опускается до $-26,3^{\circ}\text{C}$. Температура самого теплого месяца в среднем по краю равна $17,9^{\circ}\text{C}$. За 1976–2021 гг. температура воздуха в среднем по территории Забайкальского края выросла на $1,8^{\circ}\text{C}$, при этом наибольшее увеличение отмечается в центральных районах, а наименьшее – в южных. Для последнего десятилетия (2011–2021 гг.) характерен наиболее интенсивный рост температур воздуха. Если рост среднегодовых значений температуры воздуха за 1976–2021 гг. был обусловлен увеличением в большей степени температуры в весенние месяцы, то за последние годы – преимущественно в зимние.

В Забайкальском крае устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0°C в весенний и осенний сезоны происходит в среднем по краю в середине апреля и в середине октября соответственно, через 5°C – в первых числах мая и в третьей декаде сентября, через 10°C – в конце второй декады мая и во второй декаде сентября, через 15°C – в середине июня и в конце 2-й декады августа. Наибольшая продолжительность периодов характерна для юго-восточных районов (для периода с температурой выше 0°C – еще и центральных), наименьшая – для северных. За 1976–2021 гг. наблюдается повсеместное увеличение продолжительности устойчивых периодов выше 0 , 5 , 10 , 15°C , связанное в большей степени с более ранними их наступлениями весной и в меньшей – более поздними осенью. В последние годы сроки устойчивых переходов через 5 , 10 и 15°C стали происходить позже весной и позже осенью, через 0°C – раньше весной и раньше осенью.

Суммы температур воздуха выше 10°C в среднем по территории Забайкальского края составляют около 1750°C , что почти на 200°C больше, чем выше 5°C . За 1976–2021 гг. отмечается увеличение этих характеристик. В последние годы (2011–2021 гг.) во всех районах наблюдается снижение темпов роста сумм активных температур воздуха по сравнению с периодом 1976–2021 гг.

В Забайкальском крае заморозки в воздухе наиболее часто отмечаются в мае и в сентябре, в июне и августе они наблюдаются практически ежегодно, а в июле фиксируются редко. Продолжительность периода без заморозков в крае составляет около 90 дней. В центральных, юго-восточных и восточных районах края длительность такого периода превышает 100 дней. Наименьшая продолжительность периода без заморозков отмечается на севере края. В среднем по региону последние заморозки зафиксированы 3 июня, первые – 3 сентября. За 1976–2021 гг. в среднем по территории Забайкальского края выявлен рост продолжительности периода без заморозков, обусловленное более ранним наступлением последних заморозков и более поздним первых. Такая тенденция характерна для всех районов края. За 2011–2021 гг. скорость роста периода без заморозков была по краю в 2 раза выше, чем за период 1976–2021 гг.

Метеорология

Носкова Е.В., Вахнина И.Л.

Список источников

1. Барашкова Н.К., Кужевская И.В., Носырева О.В. Климатические характеристики режимов устойчивого перехода температуры воздуха через определенные пределы на юге Западной Сибири // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2015. № 1. С. 87–97.
2. Волкова М.А., Чередыко Н.Н., Титовская А.А., Журавлев Г.Г. Изменения параметров экстремальности температурного режима на юге западной сибиря в холодный период // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2019. № 594. С. 120–136.
3. Глазов М.М., Палкин И.И. Современные перспективы развития гидрометеорологического обеспечения экономико-управленческой деятельности // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 9(87). С. 81–84.
4. ГОСТ 17713-89. Сельскохозяйственная метеорология. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1989. 16 с.
5. Иваньо Я.М., Столопова Ю.В. Климатическая изменчивость и агрометеорологические условия Предбайкалья: экспериментальные исследования и моделирование урожайности зерновых культур // Метеорология и гидрология. 2019. № 10. С. 117–124.
6. Комаров В.С., Ильин С.Н., Ломакина Н.Я., Лавриненко А.В. Линейные тренды среднесезонной приземной температуры воздуха и современные тенденции изменения регионального климата Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2017. Т. 30. № 1. С. 35–41. doi: 10.15372/AOO20170105.
7. Корытный Л.М., Веселова В.Н. Мифы и рифы климатической повестки // ЭКО. 2022. № 7(577). С. 8–30. doi: 10.30680/ЕСО0131-7652-2022-7-8-30.
8. Методические указания по составлению «Научно-прикладного справочника по агроклиматическим ресурсам СССР». Л.: Гидрометеоздат, 1986. 148 с.
9. Носкова Е.В., Вахнина И.Л. Устойчивые переходы температуры воздуха в весенний и осенний периоды в Восточном Забайкалье // Геосферные исследования. 2022. № 3. С. 148–161. doi: 10.17223/25421379/24/10.
10. Носкова Е.В., Вахнина И.Л., Рахманова Н.В. Суммы активных температур воздуха (выше 10 °С) на территории Забайкальского края // Успехи современного естествознания. 2019. № 11. С. 148–153.
11. Носкова Е.В., Обязов В.А., Вахнина И.Л. Изменения приземной температуры воздуха на Юге Сибири и их взаимосвязь с крупномасштабными циркуляционными процессами в атмосфере // Географический вестник. 2021. № 2(57). С. 75–84. doi: 10.17072/2079-7877-2021-2-75-84.
12. Паромов В.В., Земцов В.А., Копысов С.Г. Климат Западной Сибири в фазу замедления потепления (1986–2015 гг.) и прогнозирование гидроклиматических ресурсов на 2021–2030 гг. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 1. С. 62–74.
13. Приказ Минэкономразвития России от 13 мая 2021 г. № 267 «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата» [Электронный ресурс]. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/b3cc582c24e7367170b5605f1199c6a9/267_13052021.pdf (дата обращения: 12.10.2022).
14. Пыжжев А.И. Климатическую повестку никто не отменял: почему это важно для российской экономики // ЭКО. 2022. № 7(577). С. 31–50. doi: 10.30680/ЕСО0131-7652-2022-7-31-50.
15. Редникова Т.В. Меры адаптации к климатическим изменениям: совершенствование экологического законодательства Российской Федерации в свете присоединения к Парижскому соглашению по климату // Союз криминалистов и криминологов. 2020. № 4. С. 122–127. doi: 10.31085/2310-8681-2020-4-208-122-127.
16. Светлов Н.М., Ситниц С.О., Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. Влияние изменения климата на размещение отраслей сельского хозяйства России // Проблемы прогнозирования. 2019. № 4(175). С. 59–74. doi: 10.1134/S1075700719040154.
17. Список станций по геоадминистративному расположению [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федерального государственного бюджетного учреждения «Забайкальское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». URL: <https://zabgidromet.ru/spisok-stancij-po-geoadministrativnomu-raspolzheniyu/> (дата обращения: 20.01.2021).
18. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Научное издание, 2022. 124 с.
19. Тудрий В.Д., Верецагин М.А. Практическое руководство к производству первичной статистической обработки и анализу метеорологических рядов: учеб.-метод. пособие для студентов, обучающихся по специальности «Метеорология». Казань: Изд-во КГУ, 2009. 34 с.
20. Kiselev S., Romashkin R., Nelson G., Mason-D'Croz D., Palazzo A. Russia's Food Security and Climate Change: Looking into the Future // Economics: The Open-Access, OpenAssessment E-Journal. 2013. Vol. 7. Paper 2013–2039. doi: 10.5018/economics-ejournal.ja.2013-39.

References

1. Barashkova, N.K., Kuzhevskaya, I.V., Nosyreva, O.V. (2015), Climatic characteristics of regimes of stable transition of air temperature through certain limits in the south of Western Siberia, *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya*, no. 1, pp. 87–97.
2. Volkova, M.A., Cheredko, N.N., Titovskaya, A.A., Zhuravlev, G.G. (2019), Changes in the parameters of the extremeness of the temperature regime in the south of western Siberia during the cold period, *Trudy Glavnoy geofizicheskoy observatorii im. A.I. Voyeykova*, no. 594, pp. 120–136.
3. Glazov, M.M., Palkin, I.I. (2018), Modern prospects for the development of hydrometeorological support for economic and management activities, *Nauka i biznes: puti razvitiya*, no. 9(87), pp. 81–84.
4. GOST 17713-89. Agricultural meteorology. Terms and Definitions. Publishing House of Standards (1989).
5. Ivanyo, Ya.M., Stolopova, Yu.V. (2019), Long-term variability and agrometeorological conditions in Cisbaikalia: field studies and modeling of grain crops yield, *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 10, pp. 117–124.
6. Komarov, V.S., Ilyin, S.N., Lomakina, N.Ya., Lavrinenko, A.V. (2017), Linear trends of average seasonal surface air temperature and current trends in regional climate change in Siberia, *Optika atmosfery i okeana*, vol. 30, no. 1, pp. 35–41. doi: 10.15372/AOO20170105.

Метеорология

Носкова Е.В., Вахнина И.Л.

7. Korytny, L.M. Veselova, V.N. (2022), Myths and reefs of the climate agenda, *EKO*, no. 7(577), pp. 8–30. doi: 10.30680/ECO0131-7652-2022-7-8-30.
8. *Guidelines for compiling the "Scientific and Applied Handbook on Agroclimatic Resources of the USSR"* (1986), Gidrometeoizdat, Leningrad, Russia.
9. Noskova, E.V., Vakhnina, I.L. (2022), Stable transitions of air temperature in spring and autumn in Eastern Transbaikalia, *Geosfernye issledovaniya*, no. 3, pp. 148–161. doi: 10.17223/25421379/24/10.
10. Noskova, E.V. Vakhnina, I.L., Rakhmanova, N.V. (2019), The sums of active air temperatures (above 10°C) in the territory of the Trans-Baikal Territory, *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya*, no. 11, pp. 148–153.
11. Noskova, E.V. Obyazov, V.A., Vakhnina, I.L. (2021), Changes in surface air temperature in the South of Siberia and their relationship with large-scale circulation processes in the atmosphere, *Geograficheskiy vestnik*, no. 2(57), pp. 75–84. doi: 10.17072/2079-7877-2021-2-75-84.
12. Paromov, V.V., Zemtsov, V.A., Kopysov, S.G. (2017), The climate of Western Siberia in the phase of slowing warming (1986–2015) and forecasting of hydroclimatic resources for 2021–2030, *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurosov*, vol. 328, no. 1, pp. 62–74.
13. Order of the Ministry of Economic Development of Russia dated May 13, 2021 No. 267 "On approval of guidelines and indicators on adaptation to climate change", available at: https://www.economy.gov.ru/material/file/b3cc582c24e7367170b5605f1199c6a9/267_13052021.pdf (Accessed 10 December 2022).
14. Pyzhev, A.I. (2022), No one canceled the climate agenda: why is it important for the Russian economy *EKO*, no. 7(577), pp. 31–50. doi: 10.30680/ECO0131-7652-2022-7-31-50.
15. Rednikova, T.V. (2020), Measures of adaptation to climate change: improvement of the environmental legislation of the Russian Federation in the light of accession to the Paris climate agreement, *Soyuz kriminalistov i kriminologov*, no. 4, pp. 122–127. doi: 10.31085/2310-8681-2020-4-208-122-127.
16. Svetlov, N.M., Siptits, S.O., Romanenko, I.A., Evdokimova, N.E. (2019), Influence of climate change on the distribution of agricultural industries in Russia, *Problemy prognozirovaniya*, no. 4(175), pp. 59–74. doi: 10.1134/S1075700719040154.
17. List of stations by geo-administrative location, Official website of the Federal State Budgetary Institution "Trans-Baikal Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring", available at: <https://zabgidromet.ru/spisok-stancij-po-geoadministrativnomu-raspolzheniyu/> (Accessed 20.01.2021).
18. Third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. General summary (2022), Science-intensive technologies, St. Petersburg, Russia.
19. Tudroy, V.D., Vereshchagin, M.A. (2009), A practical guide to the production of primary statistical processing and analysis of meteorological series, [Teaching aid. For students studying in the specialty "Meteorology"], KSU, Kazan, Russia.
20. Kiselev, S., Romashkin, R., Nelson, G., Mason-D'Croz, D., Palazzo, A. (2013), Russia's Food Security and Climate Change: Looking into the Future, *Economics: The Open-Access, OpenAssessment E-Journal*, vol. 7, pp. 2013–2039. doi: 10.5018/economics-ejournal.ja.2013-39.

Статья поступила в редакцию: 27.10.2022; одобрена после рецензирования: 18.12.2022; принята к опубликованию: 06.03.2023.

The article was submitted: 27 October 2022; approved after review: 18 December 2022; accepted for publication: 6 March 2023.

Информация об авторах

Елена Викторовна Носкова

кандидат географических наук, научный сотрудник
лаборатории географии и регионального природопользования,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт природных ресурсов, экологии и криологии
Сибирского отделения Российской академии наук;
672002, Россия, г. Чита, а/я 1032

e-mail: elena-noskova-2011@mail.ru

Ирина Леонидовна Вахнина

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
лаборатории географии и регионального природопользования,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт природных ресурсов, экологии и криологии
Сибирского отделения Российской академии наук;
672002, Россия, г. Чита, а/я 1032

e-mail: vahnina_il@mail.ru

Information about the authors

Elena V. Noskova

Candidate of Geographical Sciences, Researcher, Laboratory of
Geography and Regional Nature Management, Institute of
Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian
Branch of the Russian Academy of Sciences;

P.O. Box 1032, Chita, 672002, Russia

Irina L. Vakhnina

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory
of Geography and Regional Nature Management, Institute of
Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian
Branch of the Russian Academy of Sciences;

P.O. Box 1032, Chita, 672002, Russia

Вклад авторов

Носкова Е.В. – идея статьи, сбор, систематизация и обработка материала, анализ полученных данных, написание статьи, научное редактирование текста.

Вахнина И.Л. – анализ полученных данных, написание статьи, научное редактирование текста.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Elena V. Noskova – the idea of the article; collection, systematization and processing of the material; analysis of the data obtained; writing of the article; scientific editing of the text.

Irina L. Vakhnina – analysis of the data obtained; writing of the article, scientific editing of the text.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.