



УДК 551.524(571.53)
<https://doi.org/10.26516/2073-3402.2025.54.118>

Изменение характеристик волн жары на территории Иркутской области

Е. А. Кочугова*

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия*

Г. Ф. Якимова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Исследуются изменения продолжительности и повторяемости волн жары на территории Иркутской области, являющихся значимой составляющей процесса глобального изменения климата. Проведен подробный анализ данных наблюдений за максимальной температурой воздуха в летние сезоны 1960–2023 гг. Установлено, что среднее количество периодов с температурой выше 25 °С увеличилось во многих районах Иркутской области. Особенно заметный рост произошел в последнее десятилетие – в частности, 2017, 2019 и 2021 гг. отмечены рекордными показателями продолжительности и интенсивности волн жары. Наиболее активное увеличение числа случаев аномально высоких температур фиксируется на метеостанциях Жигалово и Червянка. Обнаружено наличие трех фаз в изменении характера волн жары. Первая стадия охватывает начало периода наблюдений (1960–1970-е гг.), характеризуется ростом количества тепловых волн, вторая фаза (конец 1970-х – начало 1980-х гг.) представлена снижением их активности, а третья (началась в конце 1980-х гг.) сопровождается стабильным повышением сумм максимальной температуры и удлинением жарких периодов. Наиболее часто эпизоды аномальной жары фиксируются в июле, составляя 51 % от общего числа дней с рассматриваемым явлением летом. Самыми интенсивными оказались волны 2019, 2017 и 2015 гг., причем наибольшее влияние оказывалось на население и экологию именно в результате большой непрерывной продолжительности жарких периодов.

Ключевые слова: волны жары, интенсивность, максимальная температура воздуха, потепление климата, Иркутская область.

Благодарности: Работа выполнена за счет средств государственного задания (№ регистрации АААА-А21-121012190059-5).

Для цитирования: Кочугова Е. А., Якимова Г. Ф. Изменение характеристик волн жары на территории Иркутской области // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2025. Т. 54. С. 118–131. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2025.54.118>

Changes in the Characteristics of Heat Waves in the Irkutsk Region

E. A. Kochugova*

Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation

V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

G. F. Yakimova

Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the study of changes in duration and recurrence of heat waves in Irkutsk region, which are a significant component of global climate change process. The authors conducted an extensive analysis of observations on maximum air temperature during summer seasons from 1960 to 2023. It was found that the average number of thermal periods with temperatures above 25 °C has increased in many regions of Irkutsk area. A particularly noticeable increase occurred over the last decade, especially notable were years such as 2017, 2019, and 2021, marked by record indicators for both duration and intensity of heat waves. The most intense rise in cases of anomalously high temperatures occurs at meteorological stations Zhegalovo and Chervyanka. Three phases have been identified in the evolution of heat wave characteristics. The first phase covers the beginning of observation period (the 1960s–1970s), characterized by growth in the number of heat waves; the second phase (late 1970s – early 1980s) features their decline in activity; while the third phase (started in late 1980s) sees stable increases in mean temperature along with prolonged hot spells. Episodes of abnormal heat occur most frequently in July, accounting for 51 % of total days with this phenomenon throughout the summer season. The most intensive heat waves took place in 2019, 2017, and 2015, having the greatest impact on population and ecology due to their long continuous durations.

Keywords: heat waves, intensity, maximum air temperature, global warming, Irkutsk region.

For citation: Kochugova E.A., Yakimova G.F. Changes in the Characteristics of Heat Waves in the Irkutsk Region. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2025, vol. 54, pp. 118–131. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2025.54.118> (in Russian)

Введение

Одним из негативных проявлений климатических изменений, обусловленных глобальным потеплением, являются периоды аномально высокой температуры воздуха. Воздействие волн жары трудно переоценить. Аномально высокие температуры приводят к избыточным тепловым нагрузкам человека, создавая угрозу для жизни и здоровья, отрицательно влияют на сельское хозяйство, способствуя деградации земель, а также повреждению или гибели посевов, увеличивают риск возникновения лесных пожаров и т. д. Помимо прямого воздействия, проявляется и косвенное влияние. К примеру, возрастают потребности в водо- и энергоснабжении, что повышает нагрузку на системы жизнеобеспечения и может стать причиной перебоев в обеспечении водой и электричеством. В целом увеличение частоты, непрерывной продолжительности и интенсивности волн тепла ведет к разрастанию масштабов экономических последствий, которые характеризуются многообразием проявлений и значительной региональной и отраслевой дифференциацией.

Международным сообществом сделан вывод, что аномально высокие температуры будут расти во всех регионах земного шара [IPCC, Global ... ,

2018; Рочева, Смирнов, 2013; Бардин, Платова, Самохина, 2024; Прогнозирование ... , 2019; Analysis ... , 2025] и при сохранении нынешних климатических тенденций к 2100 г. три четверти населения планеты не менее 20 дней в году будут подвергаться воздействию потенциально опасной жары [Global ... , 2017]. Следствием этого станет не только негативное влияние аномальной жары на здоровье человека, выраженное увеличением уровня смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, теплового удара и обезвоживания организма, но и рост повторяемости опасных и экстремальных погодных явлений. В [Мохов, Смирнов, 2020] для летних месяцев подтверждена статистически значимая связь количества экстремальных погодноклиматических явлений с периодами высоких температур. Было выявлено, что увеличение приповерхностной температуры на 1 °C приводит к росту количества опасных метеорологических явлений с температурными аномалиями на 45 %.

В этой связи интерес к исследованию тепловых волн – от причин и предпосылок возникновения до последствий и прогнозов – не вызывает сомнений. Поскольку нарастающая климатическая изменчивость будет увеличивать вероятность негативных последствий, связанных с изменениями климата, и приводить их к «каскадному» распространению в секторах экономики и регионах, это создаст определенные сложности для управления рисками бедствий во всех его измерениях, включая уязвимость, адаптивный потенциал, подверженность воздействию. Поэтому изучение и мониторинг явлений экстремальной жары приобретают особое значение, учитывая их комплексное влияние на социальные, экономические системы и природные экосистемы.

Волны тепла в период современного потепления климата

По данным Росгидромета, за последние 20 лет число опасных метеорологических явлений увеличилось почти втрое, наибольшая часть которых наблюдается в теплые месяцы, чаще – летом [Бардин, Платова, Самохина, 2024]. Увеличение повторяемости экстремальных погодных событий происходит на фоне режимов атмосферных блокирований [Changes ... , 2019; Impact ... , 2020; Мохов, Тимажев, 2022]. Так, сильнейшие погодноклиматические аномалии (засухи, пожары) в России в 1998, 2003, 2010 гг. были связаны с продолжительными блокировками зонального переноса в тропосфере средних широт. Результаты исследований [Relation ... , 2021; Pan, Wang, Yang, 2019] показали, что для последних десятилетий вклад в дисперсию межгодовых изменений площадей пожаров и потоков в атмосферу продуктов горения на территории России, связанных с атмосферными блокировками, может достигать и даже превышать 40 %.

Оценки, представленные в Третьем оценочном докладе¹, показали отчетливо выраженный рост повторяемости экстремальных теплых эпизодов на значительной части Российской Федерации. Особенно это заметно в Ев-

¹ Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. URL: https://www.meteorf.gov.ru/upload/pdf_download/compressed.pdf (дата обращения: 29.06.2025).

ропейской России, Поволжье и на юге Сибири. Например, такие регионы, как Краснодарский край, Астраханская и Волгоградская области, стали свидетелями увеличения числа дней с температурой воздуха выше 30 °С. При этом следует отметить, что монотонный рост приземной температуры воздуха в летний сезон на территории России начался на два десятилетия раньше (с конца 1970-х гг.), чем в других континентальных районах Северного полушария, где вплоть до 1990-х гг. в летние месяцы отсутствовала заметная тенденция к потеплению, кроме слабых положительных аномалий в 1940-е гг.

На фоне увеличения частоты волн жары выросла и средняя продолжительность периодов аномально высоких температур. Если раньше тепловые волны длились лишь несколько дней, то в последние годы они могут сохраняться на протяжении недель. Этот тренд стал особенно заметен с 2010 г., когда были зафиксированы рекордные температурные максимумы в Центральном регионе России.

Наблюдаемая динамика климатических изменений оказывает значительное влияние на увеличение риска возникновения лесных пожаров. Согласно данным исследований Ю. И. Соколова [2016], повышение среднегодовой температуры даже на 1 °С способствует росту площади лесных возгораний примерно на 7,5 %. Кроме того, прогнозы климатологов указывают на значительный рост продолжительности пожароопасного периода. По результатам моделирования на основе глобальной модели атмосферной циркуляции GDFL, продолжительность пожароопасного сезона в среднем широтном поясе России возрастет примерно на 50–60 дней – почти треть от текущего уровня длительности. Такое удлинение сезона приведет к повышенной нагрузке на службы пожарной охраны и лесничества, заставляя пересмотреть стратегии предупреждения и борьбы с пожарами.

Материалы и методы исследования

Материалом для изучения волн жары на территории Иркутской области послужили данные архива Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных. Количественные оценки продолжительности и повторяемости волн тепла получены по данным ежедневных наблюдений за максимальной температурой воздуха на примере восьми метеорологических станций: Иркутск obs., Ербогачен, Жигалово, Максимово, Казачинское, Перевоз, Червянка и Тулун. Исследование выполнено на основе временных рядов, составленных за летние сезоны (июнь – август) периода с 1960 по 2023 г.

В последние годы понятие «волна жары» претерпело существенные изменения. Если изначально под ним понималось значительное потепление, связанное с адвекцией теплой массы без количественной оценки повышения температуры, то сейчас чаще применяют для обозначения аномалий приземной температуры воздуха, как правило, превышающих стандартное отклонение на протяжении нескольких дней [Груза, Ранькова, 2011; Прогнозирование ... , 2019] или процентиля распределения максимальной суточной температуры воздуха [Виноградова, 2017; Heat-waves ... , 2004]. Исходя из ис-

следовательских задач, возможно применение и других подходов к оценке периодов экстремальной жары. К примеру, некоторые эксперты [Рочева, Смирнов, 2013; Changes ... , 2021], акцентируя внимание на значении тепловых волн для аграрного сектора, подчеркивают необходимость учета не только температуры, но и влажности воздуха, а также масштабов (площади) распространения тепловой аномалии.

Установление единого порогового значения для тепловых волн невозможно ввиду многообразия климатических зон планеты и местных погодных условий, а также из-за сложности учета физиологических особенностей организма, имеющего различные способности к терморегуляции и адаптации (пожилые люди, дети и младенцы, лица с хроническими заболеваниями и пр.).

Учитывая отсутствие универсальной, общепринятой формулировки понятия «волна жары», в настоящей работе этот термин будет использоваться для обозначения периода, когда максимальная дневная температура превышает 25 °С в течение минимум пяти последовательных дней.

Результаты и их обсуждение

Изменение продолжительности и повторяемости волн жары является важной частью общей картины изменения климата. На примере нескольких станций Иркутской области проанализируем динамику волн жары за многолетний период.

Среднее число тепловых периодов с температурой воздуха выше 25 °С в течение теплого сезона варьирует в широких пределах; между 2 и 29 эпизодами повышенной температуры. Анализируя данные, представленные на рис. 1, отчетливо проявляется тренд к повышению количества случаев аномально высоких температур на территории Иркутской области. Наиболее выраженный рост числа жарких эпизодов зафиксирован в последние годы, особенно ярко проявившись в 2017, 2019 и 2021 гг., когда частота жарких погодных условий достигла своего максимума. Особое внимание заслуживает ситуация, сложившаяся в 2019 г., характеризующаяся значительной длительностью волн жары. Так, например, суммарная продолжительность волн жары на ст. Жигалово составила 55 сут, а на станциях Казачинское и Максимова – 43.

В многолетней динамике волн жары можно выявить определенную цикличность процессов и выделить три временных интервала. Первый период характеризуется постепенным увеличением числа теплых эпизодов начиная с 1960-х гг., которое продолжалось вплоть до конца 1970-х гг. Затем наступает вторая фаза, обозначающая кратковременный спад активности тепловых волн, продлившийся примерно десять лет – до начала 1980-х гг. Наконец, третий период начинается с возобновления тенденции к росту длительности и интенсивности волн тепла в конце 1980-х гг. и продолжается до настоящего момента, демонстрируя усиление климатических изменений и формирование новой климатической нормы с учащением периодов сильной жары.

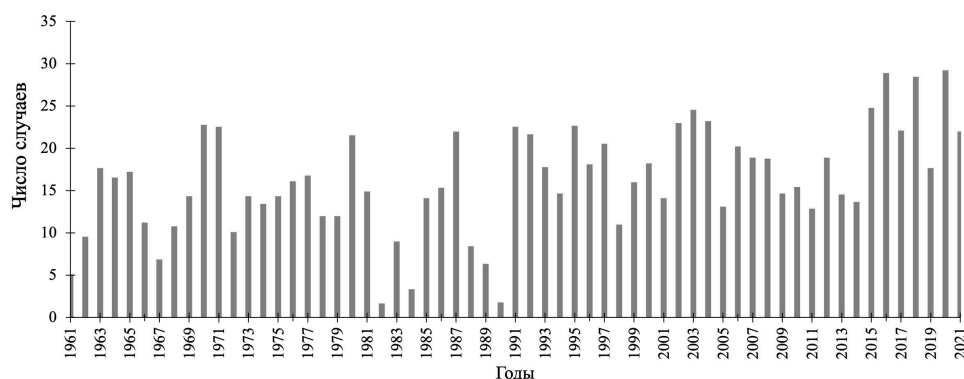


Рис. 1. Среднее годовое количество волн жары на исследуемых станциях Иркутской области

При анализе изменения частоты тепловых волн особое внимание заслуживает выявление специфической динамики на отдельных метеостанциях. Так, детальное исследование показало, что на некоторых станциях частота возникновения жарких погодных условий увеличивается быстрее, чем на остальной территории Иркутской области. Например, наиболее интенсивное увеличение числа случаев аномально высоких температур фиксируется на метеостанциях Жигалово и Червянка. Для указанных станций характерна устойчивая тенденция увеличения количества волн жары примерно на три случая каждые десять лет. На самой северной из рассматриваемых станций Ербогачен абсолютная частота волн жары наименьшая и увеличивается на один случай за тот же период.

Анализ продолжительности волн жары имеет большое практическое значение, поскольку может служить основой для разработки мер профилактики и оказания помощи людям, пострадавшим от теплового удара, обезвоживания, больным сердечно-сосудистыми заболеваниями. Кроме того, длительная жара негативно влияет на экосистемы, вызывая засухи, лесные пожары, гибель растений и животных. Жаркая погода уменьшает производительность труда, увеличивает расходы на здравоохранение и восстановление поврежденной инфраструктуры. Таким образом, анализ продолжительности волн жары является важным инструментом для защиты здоровья населения, оценки экономических потерь, сохранения окружающей среды и устойчивого развития экономики в условиях изменения климата.

В табл. 1 представлены данные о самых продолжительных волнах жары за исследуемый период. Наиболее длительно жара удерживалась на станции Жигалово в 2016 г. Высокие максимальные температуры установились в начале лета. Уже 1 июня 2016 г. максимальная температура здесь составляла 31,9 °С. В целом средняя за летний сезон температура воздуха в указанный год в Жигалово была выше на 1,7 °С среднего многолетнего значения (15,8 °С). За рассматриваемое лето лишь каждый четвертый случай был с максимальной температурой воздуха ниже отметки в 25 °С. Сформировавшийся температурный фон в Жигаловском районе сделал летний сезон

2016 г.¹ одним из самых напряженных по количеству дней с высокой степенью пожарной опасности [Космический ... , 2020].

Таблица 1

Даты наиболее продолжительной волны жары на станциях Иркутской области

Станция	Наибольшая непрерывная продолжительность, дни	Дата
Иркутск	17	22.06.–08.07.2006
Ербогачен	21	15.07.–04.08.1969
Жигалово	36	27.06.–01.08.2016
Максимово	23	08.07.–30.07.1999
Перевоз	22	03.07.–24.07.1970
Червянка	29	06.07.–03.08.1996
Казачинское	22	22.06.–12.07.1979
Тулун	20	06.07.–26.07.1996

Наиболее часто эпизоды аномальной жары фиксируются в июле: повторяемость составляет более половины от общего числа дней с рассматриваемым погодным явлением летом (рис. 2). В июне повторяемость дней с волнами жары немного меньше (31 %), чем в июле. Уменьшение волн жары начинается в августе, их число сокращается примерно в 2–3 раза.

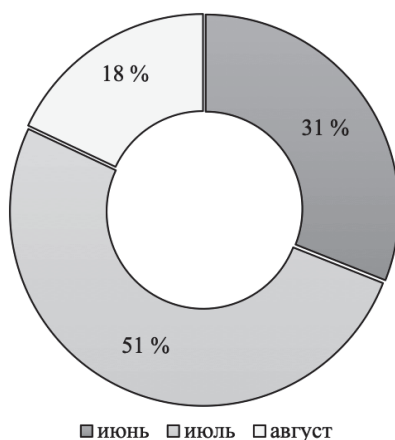


Рис. 2. Распределение волн жары по месяцам

На рис. 3 показана динамика повторяемости волн жары для каждого летнего месяца на примере двух метеорологических станций (Иркутск обс. и Жигалово). Выбор г. Иркутска обусловлен тем обстоятельством, что он является крупнейшим урбанизированным центром региона, население которого испытывает повышенную чувствительность к высоким температурам вследствие ограничений естественной циркуляции воздушных масс городской за-

¹ Государственный доклад. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2016 году. Иркутск : Форвард, 2017. 249 с.

стройкой, а также значительного дополнительного теплового воздействия от автотранспорта, бытовых кондиционеров, промышленных предприятий и иных антропогенных источников тепла [Analysis ... , 2025]. Метеостанция Жигалово отобрана как пример самой продолжительной волны жары и наибольшей скоростью роста этого явления (3 сут/10 лет).

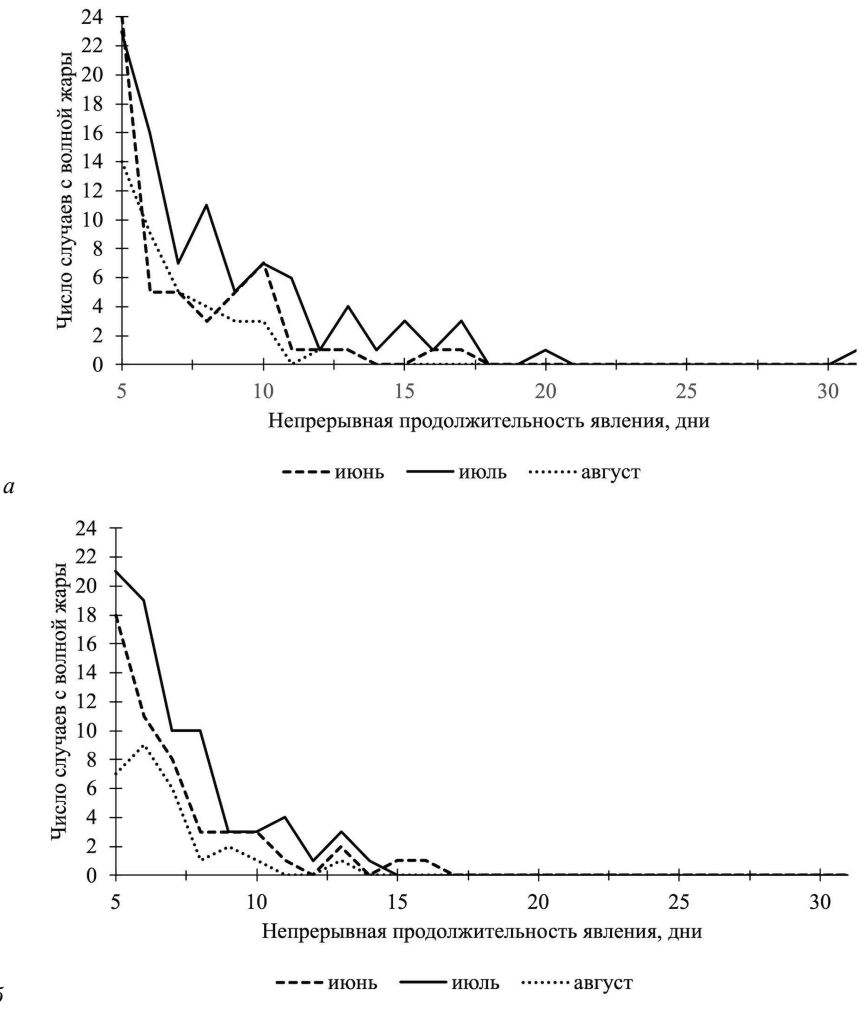


Рис. 3. Распределение волн жары в летние месяцы различной продолжительности на станциях Иркутск obs. (а) и Жигалово (б) за период с 1960 по 2023 г.

На графиках хорошо видна связь между продолжительностью тепловых волн и частотой их возникновения. Чем дольше длится непрерывная серия жарких дней, тем меньше ее повторяемость. Анализ полученных результатов демонстрирует значительное различие в продолжительности периодов экстремально высоких температур между городскими и сельскими территория-

ми. В городской среде непрерывная продолжительность волн жары в два раза больше, чем в сельской местности. Важно отметить, что географическое расположение рассматриваемых метеорологических станций не оказывает существенного влияния на временной характер распределения волн жары. Максимальные значения продолжительности волн аномальной жары отмечаются преимущественно в июне, тогда как минимумы приходятся на август.

Практический интерес представляет интенсивность тепловых волн. Для ее анализа мы суммировали максимальные температуры воздуха за каждый эпизод тепловой волны в пределах одного календарного года индивидуально для каждой метеостанции (рис. 4). Их анализ показал, что наиболее интенсивными волны жары на территории Иркутской области были в 2019 (сумма 7534 °C), 2017 (7240 °C) и 2015 гг. (6773 °C).

Довольно редко волны жары наблюдались в 1989, 1981 и 1983 гг. В рассматриваемый период только на станциях Червянка и Жигалово отмечалось ежегодно устойчивое повышение максимальной температуры воздуха выше 25 °C. Эти же станции характеризуются наибольшими средними суммами температур. Средняя многолетняя сумма максимальных температур воздуха на метеорологической ст. Жигалово равна 736 °C, а на ст. Червянка – 656 °C. Таким образом, принимая определение волны тепла как периода повышения максимальной температуры выше 25 °C продолжительностью минимум пять суток подряд, установлено, что в летний сезон ежегодно на указанных станциях фиксируется около пяти-шести жарких периодов.

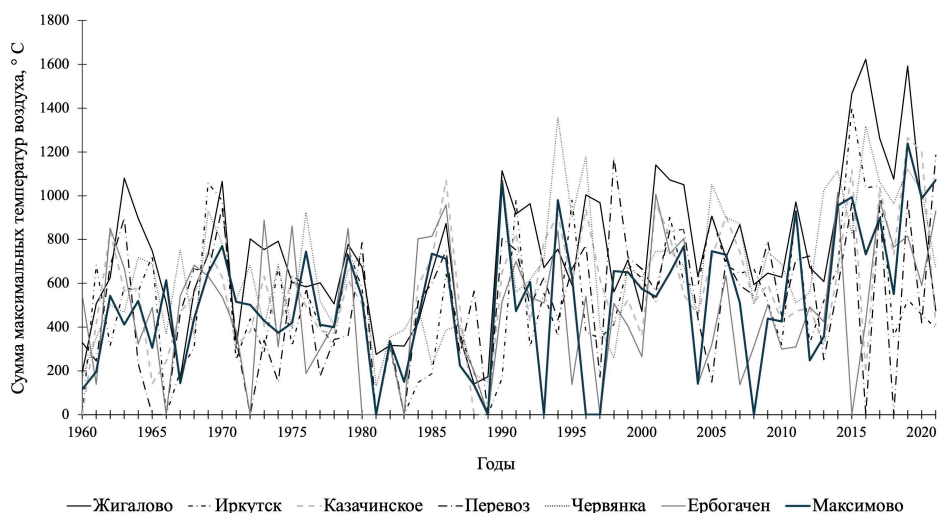


Рис. 4. Интенсивность (°C) волн жары за летний сезон на отдельных станциях Иркутской области

Далее рассматриваемый период был разбит на десятилетия, в рамках каждого из них были рассчитаны максимальная, средняя и минимальная суммы температур воздуха в период тепловой волны. Результаты расчетов сведены в табл. 2. Данные таблицы хорошо демонстрируют, что наиболее интенсивные волны жары наблюдались в течение периода с 2010 по 2019 г. На всех станциях, кроме Червянки, Перевоза и Тулуна, расположенных на западе Иркутской области, суммы максимальных температур были наибольшими за весь период.

Таблица 2

Характеристики интенсивности волн жары на разных временных интервалах

Станция	Суммы температур, °С	Временные интервалы, гг.						
		1960–1969	1970–1979	1980–1989	1990–1999	2000–2009	2010–2019	1960–2022
Ербогачен	максимальная*	851 (1962)	887 (1973)	958 (1986)	840 (1994)	1007 (2001)	1014 (2014)	1014 (2014)
	средняя	487	473	343	469	485	553	478
	минимальная	0	0	0	0	136	0	0
Казачинское	максимальная*	834 (1962)	633 (1973)	1071 (1986)	938 (1996)	966 (2001)	1265 (2019)	1265 (2019)
	средняя	454	482	367	690	662	669	514
	минимальная	0	315	0	417	360	190	0
Максимово	максимальная*	643 (1966)	769 (1970)	735 (1985)	1064 (1990)	769 (2003)	1238 (2019)	1238 (2019)
	средняя	393	539	326	506	510	732	517
	минимальная	116	374	0	0	0	248	0
Червянка	максимальная*	930 (1969)	924 (1976)	737 (1980)	1357 (1994)	1053 (2005)	1318 (2016)	1357 (1994)
	средняя	531	597	347	774	732	919	656
	минимальная	171	390	130	258	448	510	130
Перевоз	максимальная*	899 (1963)	949 (1970)	787 (1980)	1175 (1998)	845 (2003)	978 (2019)	1186 (2021)
	средняя	416	589	384	662	614	561	514
	минимальная	0	0	0	171	147	0	0
Тулун	максимальная*	583 (1969)	590 (1972)	557 (1980)	951 (1996)	734 (2002)	929 (2017)	951 (1996)
	средняя	253	334	148	642	534	498	403
	минимальная	0	202	0	198	407	0	0
Жигалово	максимальная*	1080 (1963)	1065 (1970)	873 (1986)	1114 (1990)	1140 (2001)	1623 (2016)	1623 (2016)
	средняя	603	679	418	825	809	1086	736
	минимальная	168	303	140	550	472	608	140
Иркутск	максимальная*	1058 (1969)	978 (1970)	641 (1986)	981 (1991)	914 (2005)	1404 (2015)	1404 (2015)
	средняя	433	498	242	518	666	713	511
	минимальная	0	249	0	167	513	320	0

Примечание: * – число, указанное в скобках, обозначает год, в который была зафиксирована максимальная сумма температур.

Данные показывают четкую тенденцию увеличения интенсивности тепловых волн с течением десятилетий. По сравнению с начальными этапами наблюдений, когда средняя температура жарких периодов находилась на уровне около 446 °С, к настоящему моменту этот показатель вырос почти в полтора раза (см. табл. 2). Аналогичная динамика наблюдается и относительно пиковых значений температуры – экстремальные показатели также демонстрируют значительное повышение. Эти изменения происходят параллельно с процессом глобального потепления климата Земли, вследствие которого периоды аномальной жары становятся все более частыми, продолжительными и выраженными. Таким образом, увеличение частоты и продолжительности экстремально высоких температур представляет собой важную проблему, требующую пристального внимания и изучения специалистами в области климата.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило наличие устойчивых изменений в частоте и продолжительности волн жары на территории Иркутской области. Установлено, что наибольшее количество волн жары наблюдается в июле, причем отмечается заметная разница в продолжительности тепловых эпизодов между городскими и сельскими районами – городские зоны подвержены более длительным и интенсивным сериям жарких дней. Наибольшее количество зарегистрированных случаев волн жары зафиксировано на станциях Жигалово и Червянка, где отмечено ежегодное повышение средней максимальной температуры выше 25 °С. Важным результатом проведенного анализа стало выявление трех фаз эволюции волн жары в регионе, соответствующих различным стадиям климатических изменений. Начавшись с постепенного нарастания числа волн в первой половине XX в., процесс сменился небольшим спадом активности в середине столетия, после чего вновь последовал значительный рост интенсивности и длительности волн жары, достигающий пика в последние десятилетия. Самые интенсивные тепловые волны были зафиксированы в 2015, 2017 и 2019 гг. В последнее десятилетие их интенсивность увеличилась в 1,5 раза по сравнению с периодом 1960–1969 гг.

Полученные результаты имеют важное прикладное значение, позволяя разработать меры предосторожности и стратегии адаптации к условиям усиливающихся климатических колебаний, направленных на снижение негативных последствий.

Список литературы

Бардин М. Ю., Платова Т. В., Самохина О. Ф. Экстремальные волны тепла и экстремальные летние сезоны в европейской части России // Метеорология и гидрология. 2024. № 6. С. 5–25. <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2024-6-5-25>.

Виноградова В. В. Волны тепла на территории России как фактор дискомфорта природной среды // Известия РАН. Серия географическая. 2017. № 4. С. 68–77. <https://doi.org/10.7868/S0373244417040065>

Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Оценка возможного вклада глобального потепления в генезис экстремально жарких летних сезонов на Европейской территории РФ // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2011. Т. 47, № 6. С. 717–721.

Космический мониторинг сибирских пожаров и их последствий: особенности аномалий 2019 г. и тенденции 20-летних изменений / В. Г. Бондур, И. И. Мохов, О. С. Воронова [и др.] // Доклады РАН. Науки о Земле. 2020. Т. 492, № 1. С. 99–106. <https://doi.org/10.31857/S26867397220050047>

Мохов И. И., Смирнов Д. А. Эмпирические оценки вклада парниковых газов и естественной климатической изменчивости в тренды приповерхностной температуры для различных широт // Доклады РАН. Науки о Земле. 2020. Т. 503, № 1. С. 48–54. <https://doi.org/10.31857/S2686739722030082>

Мохов И. И., Тимажеев А. В. Интегральный индекс активности атмосферных блокирований в Северном полушарии в последние десятилетия // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2022. Т. 58, № 6. С. 638–647. <https://doi.org/10.31857/S0002351522060116>

Прогнозирование волн тепла на внутрисезонных масштабах времени / Е. Н. Круглова, И. А. Куликова, В. А. Тищенко [и др.] // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 1 (371). С. 95–108.

Рочева Э. В., Смирнов В. Д. О тенденциях в изменениях продолжительности «волн тепла» на территории России // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2013. Т. 25. С. 94–114.

Соколов Ю. И. Пожарные риски России // Проблемы анализа рисков. 2016. Т. 13, № 5. С. 52–71. <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2016-13-5-52-71>

Analysis of land surface temperature drivers in Beijing's central urban area across multiple spatial scales: An explainable ensemble learning approach / J. Cheng, D. Yang, K. Qie [et al.] // Energy and Buildings. 2025. Vol. 338. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115704>

Changes in global blocking character during recent decades / A. R. Lupo, A. D. Jensen, I. I. Mokhov [et al.] // Atmosphere. 2019. Vol. 10 (2). P. 92. <https://doi.org/10.3390/atmos10020092>

Changes in regional wet heatwave in Eurasia during summer (1979–2017) / S. Yan, S. Tett, N. Fréchet [et al.] // Environmental Research Letters. 2021. Vol. 16, N 6. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ac0745>

Global risk of deadly heat / C. Mora, B. Dousset, I. R. Caldwell [et al.] // Nature Climate Change. 2017. Vol. 7. P. 501–506. <https://doi.org/10.1038/nclimate3322>

Heat-waves: risks and responses / C. Kopp, S. Kovats, G. Jendritzky [et al.]. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe, 2004. 124 p.

Impact of multidecadal variability in Atlantic SST on winter atmospheric blocking / Y.-O. Kwon, H. Seo, C. Ummenhofer [et al.] // Journal of Climate. 2020. Vol. 33. P. 867–892.

IPCC, 2018: Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty / eds.: Masson-Delmotte V., Zhai P., Pörtner H.-O. [et al.] Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 616 p. <https://doi.org/10.1017/9781009157940>

Pan X., Wang G., Yang P. Introducing driving-force information increases the predictability of the North Atlantic Oscillation // Atmospheric and Oceanic Science Letters. 2019. Vol. 12, N 5. P. 329–336. <http://dx.doi.org/10.1080/16742834.2019.1628608>

Relation between pyrogenic NO₂ emissions from wildfires in Russia and atmospheric blocking events / I. I. Mokhov, S. A. Sitnov, M. N. Tsirilina [et al.] // Atmosphere and ocean optics. 2021. Vol. 34, N 5. P. 503–506. <https://doi.org/10.1134/S1024856021050146>

References

Bardin M.YU., Platova T.V., Samohina O.F. Ekstremalnye volny tepla i ekstremalnye letnie sezony v evropejskoj chasti Rossii. [Extreme heat waves and extreme summers in European Russia]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorologiya i Gidrologiya], 2024, no. 6, pp. 5-25. <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2024-6-5-25>. (in Russian)

Vinogradova V.V. Volny tepla na territorii Rossii kak faktor diskomfortnosti prirodnoj sredy. [Heat waves in Russia as the uncomfortable factor of the environment]. *Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya* [Izvestia RAS. Geographical Series], 2017, no. 4, pp. 68-77. <https://doi.org/10.7868/S0373244417040065> (in Russian)

Gruza G.V., Rankova E.YA. Ocenka vozmozhnogo vklada globalnogo potepleniya v genezis ekstremal'no zharkih letnih sezonov na Evropejskoj territorii RF. [Assessment of the possible contribution of global warming to the genesis of extremely hot summer seasons in the European territory of the Russian Federation]. *Izvestiya RAN. Fizika atmosfery i okeana* [Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics], 2011, vol. 47, no. 6, pp. 717-721. (in Russian)

Bondur V.G., Mohov I.I., Voronova O.S. et al. Kosmicheskij monitoring sibirskih pozharov i ih posledstviy: osobennosti anomalij 2019 g. i tendencii 20-letnih izmenenij. [Satellite monitoring of wildfires in Siberia and their effects: features of 2019 anomalies and trend of 20-year changes]. *Doklady RAN. Nauki o Zemle* [Doklady Earth Sciences], 2020, vol. 492, no. 1, pp. 99-106. <https://doi.org/10.31857/S2686739720050047> (in Russian)

Mohov I.I., Smirnov D.A. Empiricheskie ocenki vklada parnikovyh gazov i estestvennoj klimaticheskoy izmenchivosti v trendy pripoverhnostnoj temperatury dlya razlichnyh shirot [Empirical estimates of the contribution of greenhouse gases and natural climatic variability to near-surface temperature trends for different latitudes]. *Doklady RAN. Nauki o Zemle* [Doklady Earth Sciences], 2020, vol. 503, no. 1, pp. 48-54. <https://doi.org/10.31857/S2686739722030082> (in Russian)

Mohov I.I., Timazhev A.V. Integralnyj indeks aktivnosti atmosferynyh blokirovaniy v Severnom polusharii v poslednie desyatiletia [Integral Index of Atmospheric Blocking Activity in the Northern Hemisphere in Recent Decades]. *Izvestiya RAN. Fizika atmosfery i okeana* [Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics], 2022, vol. 58, no. 6, pp. 638-647. <https://doi.org/10.31857/S0002351522060116> (in Russian)

Kruglova E.N., Kulikova I.A., Tishchenko V.A. et al. Prognozirovaniye voln tepla na vnutrisезонnyh masshtabakh vremeni. [Forecasting of Heat Waves on Subseasonal Timescales]. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy* [Hydrometeorological Research and Forecasting], 2019, no. 1 (371), pp. 95-108. (in Russian)

Rocheva E.V., Smirnov V.D. O tendentsiyah v izmeneniyah prodolzhitelnosti "voln tepla" na territorii Rossii. [On trends in changes in the duration of "heat waves" in Russia]. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem* [Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem modelling], 2013, vol. 25, pp. 94-114. (in Russian)

Sokolov YU.I. Pozharnye riski Rossii. [Fire risks in Russia]. *Problemy analiza riskov* [Issues of risk analysis], 2016, vol. 13, no. 5, pp. 52-71. <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2016-13-5-52-71>. (in Russian)

Lupo A.R., Jensen A.D., Mokhov I.I. et al. Changes in global blocking character during recent decades. *Atmosphere*, 2019, vol. 10, no. 2, p. 92. <https://doi.org/10.3390/atmos10020092>

Cheng J., Yang D., Qie K. et al. Analysis of land surface temperature drivers in Beijing's central urban area across multiple spatial scales: An explainable ensemble learning approach. *Energy and Buildings*, 2025, vol. 338. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115704>

Yan S., Tett S., Fréchet N. et al. Changes in regional wet heatwave in Eurasia during summer (1979-2017). *Environmental Research Letters*, 2021, vol. 16, no. 6. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ac0745>

Mora C., Dousset B., Caldwell I. R. et al. Global risk of deadly heat. *Nature Climate Change*, 2017, vol. 7, pp. 501-506. <https://doi.org/10.1038/nclimate3322>

Kopp C., Kovats S., Jendritzky G. et al. Heat-waves: risks and responses. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2004, 124 p.

Kwon Y.-O., Seo H., Ummenhofer C.C. et al. Impact of multidecadal variability in Atlantic SST on winter atmospheric blocking. *Journal of Climate*, 2020, vol. 33, pp. 867-892.

Masson-Delmotte V., Zhai P., Pörtner H.-O. et al. (eds). IPCC, 2018: Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2018, 616 p. <https://doi.org/10.1017/9781009157940>.

Pan X., Wang G., Yang P. Introducing driving-force information increases the predictability of the North Atlantic Oscillation. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, 2019, vol. 12, no. 5, pp. 329-336. <http://dx.doi.org/10.1080/16742834.2019.1628608>

Mokhov I.I., Sitnov S.A., Tsidilina M.N. et al. Relation between pyrogenic NO₂ emissions from wildfires in Russia and atmospheric blocking events. *Atmosphere and ocean optics*, 2021, vol. 34, no. 5, pp. 503-506. <https://doi.org/10.1134/S1024856021050146>

Сведения об авторах

Кочугова Елена Александровна
кандидат географических наук, доцент
кафедры метеорологии и физики
околоземного космического пространства
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
научный сотрудник, лаборатория гидрологии
и климатологии
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск,
ул. Улан-Баторская, 1
e-mail: kochugovae@mail.ru

Якимова Галина Федоровна
студент, географический факультет
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: galinabarlukova1061@gmail.com

Information about the authors

Kochugova Elena Alexandrovna
Candidate of Science (Geography),
Associate Professor of the Department of
Meteorology and Physics of Near-Earth Space
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
Research Scientist, Laboratory
of Hydrology and Climatology
V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
e-mail: kochugovae@mail.ru

Yakimova Galina Fedorovna
Student, Geographical Faculty
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
e-mail: galinabarlukova1061@gmail.com

Код научной специальности: 1.6.18

Статья поступила в редакцию 11.07.2025; одобрена после рецензирования 25.11.2025; принята к публикации 08.12.2025
The article was submitted July, 11, 2025; approved after reviewing November, 25, 2025; accepted for publication December, 08, 2025