

УДК 551.583(571.54/.55)

**СУММЫ АКТИВНЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА (ВЫШЕ 10°C)
НА ТЕРРИТОРИИ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ****Носкова Е.В., Вахнина И.Л., Рахманова Н.В.***ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии» Сибирского отделения
Российской академии наук, Чита, e-mail: elena-noskova-2011@mail.ru*

Впервые для территории Забайкальского края проведен детальный анализ суммы активных температур воздуха выше 10°C за последние десятилетия, что в условиях современных изменений климата представляется особенно важным и актуальным. Сумма температур воздуха за период со средними суточными значениями выше 10°C – показателя, характеризующего количество тепла и выражающегося суммой средних суточных температур воздуха выше 10°C – является одной из основных характеристик тепла. В это время происходит активная вегетация растений. Эти данные широко применяются для характеристики условий роста и развития растительности. На территории края эти суммы в среднем составляют от 1500°C в горно-таежных северных районах края до 2300°C в степных юго-восточных, при этом дни с температурой воздуха выше 10°C отмечаются, как правило, с середины мая по первую декаду сентября (в среднем около 110 дней). За 1975–2018 гг. в среднем по краю число дней с температурой воздуха выше 10°C увеличилось на 3,1 сут/10 лет, а суммы активных температур – на 80°C/10 лет. Наибольший рост характерен для центральных и южных районов, несколько меньший – для западных и наименьший – для восточных и северных. Полученные результаты можно использовать для определения сроков вызревания того или иного сорта культур на территории Забайкальского края, продуктивности пастбищных угодий и для анализа ряда других климатически обусловленных природных процессов.

Ключевые слова: вегетационный период, приземная температура воздуха, активные температуры воздуха, глобальное потепление, Забайкальский край

**AMOUNTS OF ACTIVE AIR TEMPERATURES (ABOVE 10°C)
IN THE TERRITORY OF TRANS-BAIKAL TERRITORY****Noskova E.V., Vakhnina I.L., Rakhmanova N.V.***Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita,
e-mail: elena-noskova-2011@mail.ru*

For the first time, a detailed analysis of the sum of active air temperatures above 10°C over the past decades has been carried out for the territory of the Trans-Baikal Territory, which in the conditions of modern climate changes seems especially important and relevant. The sum of air temperatures for a period with average daily values above 10°C – an indicator that characterizes the amount of heat and expressed as the sum of average daily air temperatures above 10°C – is one of the main characteristics of heat. At this time, active plant vegetation occurs. These data are widely used to characterize the conditions of growth and development of vegetation. On the territory of the region, these amounts on average range from 1500°C in the mountain-taiga northern regions of the region to 2300°C in the steppe southeastern, with days with air temperatures above 10°C usually being observed from mid-May to the first decade September (an average of about 110 days). For the years 1975–2018 on average, the number of days with air temperatures above 10°C increased by 3.1 days/10 years, and the sum of active temperatures – by 80°C/10 years. The greatest growth is characteristic of the central and southern regions, slightly less – for the western and smallest – for the eastern and northern. The results can be used to determine the timing of the ripening of a variety of crops in the Trans-Baikal Territory, the productivity of pasture lands and to analyze a number of other climate-related natural processes.

Keywords: growing season, surface air temperature, active air temperature, global warming, Trans-Baikal Territory

Основу оценки агроклиматических ресурсов территории составляют два фактора, имеющие важное значение – ее тепло- и влагообеспеченность. Одной из основных характеристик тепла является сумма температур воздуха за период со средними суточными значениями выше 10°C, когда происходит активная вегетация растений. Сумма активных температур воздуха – показатель, характеризующий количество тепла и выражающийся суммой средних суточных температур воздуха выше 10°C. Эти данные широко применяются для характеристики условий роста и развития растительности.

Вопросы пространственно-временного распределения сумм активных температур воздуха на территории Забайкальского края ранее были рассмотрены другими авторами в работах 2007, 2010, 2015 гг. [1–3]. Однако в них описание пространственных и межгодовых изменений в распределении сумм температур воздуха выше 10°C выполнено в рамках других климатических исследований, а использованные временные ряды заканчиваются 2010 г. и ранее. В связи с этим детальный анализ суммы активных температур воздуха на территории региона за последние десятилетия представляется важным и актуальным.

альным, особенно в условиях современных тенденций (флуктуаций), характеризующихся ростом приземных температур воздуха [4]. Полученные результаты можно использовать для определения сроков вызревания того или иного сорта культур на территории Забайкальского края, продуктивности пастбищных угодий и для анализа ряда других климатически обусловленных природных процессов [5–7].

Цель исследования: изучение пространственных и выявление межгодовых изменений в распределении сумм активных температур воздуха ($t > 10^{\circ}\text{C}$) на территории Забайкальского края. Для достижения поставленной цели необходимо дать оценку пространственным особенностям и многолетним тенденциям сумм активных температур воздуха в условиях меняющегося климата.

Материалы и методы исследования

Забайкальский край расположен в восточной части Российской Федерации (от 49 до 58° с.ш, от 107 до 122° в.д.). Его терри-

тория представлена горно-таежной (северные и западные районы), лесостепной (центральные и восточные районы) и степной (южные и юго-восточные районы) зонами.

В статье использованы данные наблюдений 27 метеорологических станций Забайкальского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды о средних суточных температурах приземного воздуха за период наиболее активного потепления (1975–2018 гг.), расположенных в различных природных зонах Забайкальского края (рис. 1).

Выявление межгодовых изменений в рядах сумм активных температур воздуха проводилось путем расчета и анализа линейных трендов. Тренды вычислялись по методу наименьших квадратов, а их достоверность оценивалась при помощи критерия Стьюдента при уровне значимости $\alpha = 5\%$. Визуализация полученных результатов пространственного анализа выполнялась с использованием программного обеспечения ArcGIS.



Рис. 1. Распределение по территории Забайкальского края метеостанций, данные которых использованы в работе

Результаты исследования и их обсуждение

За период с 1975 по 2018 г. среднегодовые значения температуры воздуха на территории Забайкальского края изменяются от 0,0–0,1 °С на юге рассматриваемого региона (Мангут) и в центральной части (Улеты) до –6,9 °С на его севере (Чара). На юго-востоке средние температуры воздуха составляют более –0,5°, на западе и на востоке – около –2,0 °С и менее. Самый теплый при этом месяц июль, где температура воздуха варьирует от 15,6 до 20,6 °С, самый холодный – январь (от –20,0 до –33,2 °С).

В Забайкальском крае за 1975–2018 гг. среднегодовая температура воздуха в среднем увеличилась на 0,33 °С/10 лет. Рост значений температуры воздуха, осредненных по исследуемой территории, отмечается практически во все месяцы года, где он составляет от 0,24 до 0,56 °С/10 лет в месяц. Исключение составляют ноябрь и декабрь, когда отмечается незначительное ее снижение на 0,04–0,08 °С/10 лет.

Безморозный период на территории Забайкальского края длится от 160 до 198 дней в разных его районах и в среднем составляет 183 дня. Продолжительность устойчивого периода выше 5 °С в среднем по исследуемому региону длится 148 дней (от 124

до 168 дней в разных его районах), выше 10 °С – 111 дней (от 92 до 132 дней), выше 15 °С – 63 дня (от 33 до 94 дней). Даты устойчивых переходов температуры через пороговые значения (градации) в весенний и осенний сезоны в среднем по территории Забайкальского края показаны в табл. 1. Наименьшая продолжительность указанных периодов отмечается на севере Забайкальского края. Несколько больших значений его длительность достигает в западных и восточных районах. При продвижении от западных районов к южным наблюдается увеличение их продолжительности. Максимальных значений длительность устойчивых периодов вышеопределенных температур отмечается в юго-восточной части региона.

На территории края дни с температурой воздуха выше 10 °С отмечаются, как правило, с середины мая по первую декаду сентября (рис. 2) и в среднем их количество составляет 110 с максимальными значениями на юго-востоке края (более 130 дней в Кайластуе) и минимальными на севере (менее 90 дней в Чаре). В апреле наблюдаются в среднем 1–2 дня с температурой воздуха выше 10 °С на метеостанциях, расположенных в лесостепных и степных районах территории исследования, в октябре – 1 день на метеостанциях юго-востока.

Таблица 1

Даты устойчивых переходов температуры воздуха через 0, 5, 10, 15 °С весной и осенью в среднем по территории Забайкальского края

Температура воздуха, °С	Дата устойчивого перехода весной	Дата устойчивого перехода осенью
0	12 апреля	13 октября
5	2 мая	26 сентября
10	20 мая	8 сентября
15	14 июня	17 августа

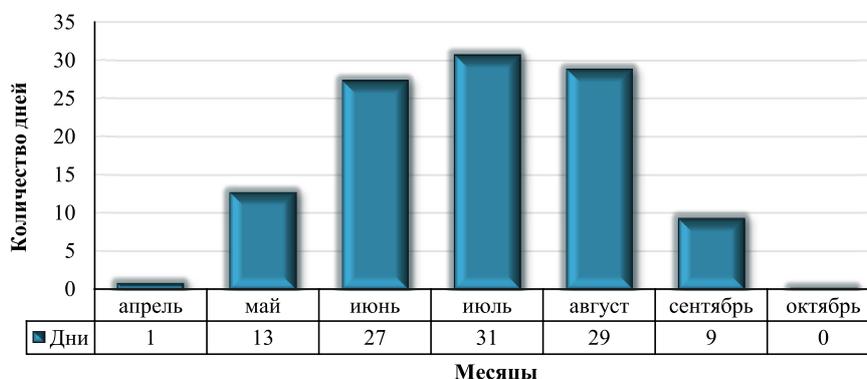


Рис. 2. Количество дней с температурой воздуха выше 10 °С в среднем по территории Забайкальского края

В Забайкальском крае за 44-летний период температура воздуха выше 10°C в апреле отмечалась на всех метеостанциях, при этом максимальное количество дней с такой температурой (до 10 дней) на 22 анализируемых метеостанциях из 27 было зафиксировано в 2014 и 2015 гг. В октябре за это время на пяти станциях (Букукун, Менза, Могоча, Тупик, Чара), расположенных в высокогорных районах, дней с температурой воздуха выше 10°C не наблюдалось вообще, а максимальное их число (от 1 до 6 дней в разных районах края) на 14 станциях из 22 было отмечено в 2004 г.

Сумма температур воздуха выше 10°C на территории Забайкальского края в целом тем меньше, чем больше высота местности и выше географическая широта. Наименьшая в среднем за год сумма активных температур отмечается в таежных северных и части западных (Менза, Черемхово) районах Забайкальского края, где она не превышает 1500°C . При продвижении от западных районов к лесостепным центральным и южным, а также от северных к лесостепным северо-восточным и юго-восточным (Александровский Завод, Нерчинский Завод) наблюдается увеличение этой суммы до $1800\text{--}2000^{\circ}\text{C}$. Максимальные значения сумм температур воздуха выше 10°C отмечаются в степях юго-востока края (Борзя, Кайластуй, Соловьевск) и в районе расположения метеостанции Нерчинск, где они достигают $2000\text{--}2300^{\circ}\text{C}$.

За 1975–2018 гг. число дней с температурой воздуха выше 10°C увеличилось на 3,1 сут/10 лет (тренд статистически достоверен при выбранном уровне значимости). В различных районах края величина линейного тренда изменяется от 2,0 до 5,7 сут/10 лет. Наибольшее увеличение произошло в южных и центральных районах края (Букукун, Чита, Кыра), наименьшее – в восточных и северных (Могоча, Нерчинск, Усугли). Выявленные тренды статистически достоверны на всех исследуемых метеостанциях. Сравнение средних значений числа дней с температурой воздуха выше 10°C за 1975–2018 гг. с климатическими нормами, определенными за период 1981–2010 гг., рекомендованный ВМО, показало, что на 16 из 27 анализируемых метеостанций количество дней не изменилось, на 6 – увеличилось на 1 сутки (преимущественно юго-восточные и восточные районы), на 5 – уменьшилось на 1 сутки (преимущественно северные районы).

Величина линейного тренда количества дней с температурой воздуха выше 10°C ,

осредненной по территории Забайкальского края, меняется в течение года. За рассматриваемый период она увеличилась во все месяцы с апреля по сентябрь. При этом наибольшее увеличение характерно для тех месяцев, в которые повторяемость таких дней менее 50% (апрель – май и сентябрь). Здесь увеличение в среднем по территории исследования произошло на 0,4–0,9 сут/10 лет. Наименьшая величина линейного тренда характерна для северных районов, где в апреле она составляет 0,1 сут/10 лет (в Чаре в этом месяце однонаправленной тенденции не прослеживается), в мае – 0,1–0,3 сут/10 лет, в сентябре – 0,2–0,5 сут/10 лет. На юге и юго-востоке края в эти месяцы отмечается наибольший положительный тренд: в апреле он составляет более 0,5 сут/10 лет, в мае и сентябре – более 1,0 сут/10 лет. Тренды осредненных по территории края значений количества дней с температурой воздуха выше 10°C статистически достоверны при выбранном уровне значимости. В октябре на метеостанциях, расположенных в центральных, южных и юго-восточных районах Забайкальского края, количество дней с температурой воздуха выше 10°C увеличилось незначительно (на 0,1 сут/10 лет). Достоверность этих трендов при 5%-ном уровне значимости не подтверждается.

В летние месяцы наибольшее увеличение характерно для июня (в среднем по краю на 0,6 сут/10 лет), где повторяемость дней с температурой воздуха выше 10°C составляет 91%, т.е. 27 из 30 дней. В августе с повторяемостью около 93% рост в среднем составил 0,3 сут/10 лет, в июле (повторяемость 99%) – 0,1 сут/10 лет. Статистически значимы при выбранном уровне значимости линейные тренды в июне и июле.

За период исследования (1975–2018 гг.) суммы активных температур воздуха увеличились в среднем по краю на $80^{\circ}\text{C}/10$ лет (табл. 2). Наибольший рост характерен для центральных и южных районов (93 и $97^{\circ}\text{C}/10$ лет соответственно), несколько меньший – для западных и юго-восточных (81 и $82^{\circ}\text{C}/10$ лет соответственно), наименьший – для восточных и северных (66 и $67^{\circ}\text{C}/10$ лет соответственно). Все тренды статистически достоверны при 5%-ном уровне значимости. Средние значения суммы температур воздуха выше 10°C за 1975–2018 гг. оказались по исследуемым районам преимущественно выше на $1\text{--}14^{\circ}\text{C}$ относительно климатических норм за 1981–2010 гг. Исключение составляют северные районы, где это значение за последние 44 года ниже климатической нормы на 5°C .

Таблица 2

Величины линейных трендов суммы активных температур воздуха выше 10 °С на территории Забайкальского края за 1975–2018 гг., °С/10 лет

№ п/п	Метеостанция	Тренд	№ п/п	Метеостанция	Тренд	№ п/п	Метеостанция	Тренд
юго-восточные районы			западные районы			восточные районы		
1	Александровский Завод	91	12	Красный Чикой	87	22	Могоча	57
2	Борзя	80	13	Менза	77	23	Сретенск	74
3	Кайлайстуй	96	14	Петровский Завод	76	24	Усть-Карск	77
4	Нерчинский Завод	77	15	Хилок	86	25	Нерчинск	56
5	Соловьевск	99	16	Черемхово	82			
северные районы			южные районы			центральные районы		
6	Тунгокочен	63	17	Агинское	90	26	Улеты	80
7	Тупик	78	18	Акша	60	27	Чита	61
8	Средняя Олекма	80	19	Букукун	120			
9	Усть-Каренга	59	20	Кыра	94			
10	Усугли	58	21	Мангут	89			
11	Чара	61						

Выводы

Проведенный детальный анализ сумм активных температур воздуха выше 10 °С за последние десятилетия показал, что на территории Забайкальского края в среднем они составляют от 1500 °С в горно-таежных северных районах края до 2300 °С в степных юго-восточных. При этом дни с температурой воздуха выше 10 °С отмечаются, как правило, с середины мая по первую декаду сентября и в среднем их количество составляет 110 с максимальными значениями на юго-востоке края (более 130 дней) и минимальными на севере (менее 90 дней).

За период исследования (1975–2018 гг.) в среднем по краю число дней с температурой воздуха выше 10 °С увеличилось на 3,1 сут/10 лет (от 2,0 до 5,7 сут/10 лет в разных районах края). Наибольшее увеличение произошло в южных и центральных районах края, наименьшее – в восточных и северных. Суммы активных температур увеличились в среднем по краю на 80 °С/10 лет, что составляет 5,5% от среднего за 10 лет. В разных районах края этот рост составил от 66 до 93 °С/10 лет (от 3,5 до 5,4% от среднего за 10 лет). Наибольший рост характерен для центральных и южных районов, несколько меньший – для западных и наименьший – для восточных и северных.

Список литературы / References

1. Мещерская А.В., Обязов В.А., Богданова Э.Г., Мирвис В.М., Ильин Б.М., Сницаренко Н.И., Голод М.П., Смирнова А.А., Обязова А.И. Изменение климата Забайкалья во второй половине XX века по данным наблюдений и ожидаемые его изменения в первой четверти XXI века // Труды ГГО. 2009. № 559. С. 32–57.

Meshcherskaya A.V., Obyazov V.A., Bogdanova E.G., Mirvis V.M., Ilyin B.M., Snitsarenko N.I., Golod M.P., Smirnova A.A., Obyazova A.I. The climate change at Zabaikalye during the second part of XX century with the observation data and expected changes at the first quarter of the XXI century // Trudy GGO. 2009. № 559. P. 32–37 (in Russian).

2. Обязов В.А. Адаптация к изменениям климата: региональный подход // География и природные ресурсы. 2010. № 2. С. 34–39.

Obyazov V.A. Adaptation to climate change: a regional approach // Geography and natural resources. 2010. № 2. P. 34–39 (in Russian).

3. Обязов В.А., Носкова Е.В. Многолетние изменения агроклиматических ресурсов Забайкалья // Вестник Забайкальского государственного университета. 2015. № 8 (123). С. 20–29.

Obyazov V.A., Noskova E.V. Long-term changes in agroclimatic resources of Transbaikalia // Bulletin of the Transbaikalian State University. 2015. № 8 (123). P. 20–29 (in Russian).

4. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Изменение климата. М.: ГУ «НИЦ Планета», 2008. Т. 1. 228 с.

Evaluation report on climate change and its consequences in the Russian Federation. Climate change. M.: GU «NITS Planeta», 2008. V. 1. 228 p. (in Russian).

5. Айларов А.Е., Тебиева Д.И., Борадзева М.С., Мирошниченко Н.А. Динамика тепловых ресурсов в агроландшафтах сухостепной зоны Центрального Предкавказья на территории РСО – Алания за постбазовый период всемирной метеорологической организации (ВМО) 1991–2014 гг. // Успехи современного естествознания. 2016. № 3. С. 117–120.

Ailarov A.E., Tebieva D.I., Boradzeva M.S., Miroshnichenko N.A. Dynamics of heat resources in agrolandscapes of the dry-steppe zone of the Central Ciscaucasia on the territory of North Ossetia-Alania for the post-base period of the World Meteorological Organization (WMO) 1991-2014 // *Successes of modern science*. 2016. № 3. P. 117–120 (in Russian).

6. Барашкова Н.К., Кужевская И.В., Носырева О.В. Климатические характеристики режимов устойчивого перехода температуры воздуха через определенные пределы на юге Западной Сибири // *Известия РАН. Серия географическая*. 2015. № 1. С. 87–97.

Barashkova N.K., Kuzhevskaya I.V., Nosyreva O.V. Climatic characteristics of the regimes of a stable transition of air

temperature through certain limits in the south of Western Siberia // *Izvestiya RAS. Geographical series*. 2015. № 1. P. 87–97 (in Russian).

7. Голятина М.А., Вахнина И.Л., Носкова Е.В. Оценка динамики площадей, пройденных пожарами, на территории Забайкальского края в условиях изменения климата по данным ДЗЗ // *Географический вестник = Geographical bulletin*. 2018. № 3 (46). С. 126–135. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-3-126-135.

Golyatina M.A., Vahnina I.L., Noskova E.V. The dynamics of fire-damaged areas in the Transbaikal Territory in the context of climate change based on remote sensing data // *Geographical bulletin*. 2018. № 3 (46). P. 126–135 (in Russian).