

Состояние и климатические тенденции временных показателей теплого периода года на юге Западной Сибири

Н.К. Барашкова, И.В. Кужевская, О.В. Носырева*

Томский государственный университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

Поступила в редакцию 23.08.2010 г.

Представлены результаты исследования временных показателей теплого периода на основе устойчивого перехода приземной температуры воздуха через 0 и 5 °С. Также приводятся длительность теплого и вегетационного периодов по данным ст. Томск. Осуществлена оценка тенденций изменчивости указанных характеристик.

Ключевые слова: Западная Сибирь, даты перехода, период вегетации; the Western Siberian, dates of transition, the vegetation period.

Введение

В проблеме глобального потепления, широко обсуждаемой в научной среде, основное внимание уделяется, как правило, анализу среднегодовых и среднесезонных характеристик приземной температуры воздуха, нередко с разделением на календарные или циркуляционные сезоны. В то же время надо признать, что для выявления полной картины изменчивости теплового режима атмосферы этих характеристик недостаточно.

Особый подход в его исследовании необходим для целей агрометеорологии, обслуживания энергетического сектора и жилищно-коммунального хозяйства. В этом случае на первый план выступают такие характеристики теплового режима, как даты перехода через определенные значения температуры, формирующие так называемые теплый, безморозный, вегетационный, отопительный периоды.

Чаще всего для этих целей используются даты перехода через 0, 5, 8, 10, 15 и 20 °С, а также длительность переходов и продолжительность периодов с указанными температурами. Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 0 °С условно делит год на два периода — теплый и холодный [1]. В качестве характеристик периодов используются стандартные наборы климатических показателей (средние величины, показатели изменчивости). В исследованиях по изменчивости современного климата дополнительно рассчитывают и некоторые статистические показатели динамики дат и периодов с привлечением методов анализа временных рядов.

В работах [1, 2] опубликованы результаты подобных исследований, но они относятся в целом для Северного полушария или для крупных географических областей и экономических районов. Для территории Томской области с ее развитым топливно-энергетическим сектором, отнесением ее к зоне рискованного земледелия, продолжительным отопительным периодом данная проблема особенно актуальна.

Некоторые результаты исследований фоновых характеристик режима и циркуляционных условий перехода температуры воздуха через 0 и 5 °С по югу Западной Сибири представлены в [3].

Настоящая статья посвящена более детальному анализу изменений термического режима в Томске на основе временных показателей теплого периода года с привлечением методов статистического анализа.

Материалы исследования

Исходным массивом данных послужили даты устойчивого перехода температуры воздуха через 0 (D₀) и 5 °С (D₅), определенные с использованием общепринятых методик [4, 5], а также длительность (T) устойчивых теплого (безморозного) (T₀₋₀) и вегетационного (T₅₋₅) периодов для ст. Томск с 1950 по 2005 г. Данные характеристики входят в перечень показателей изменения климата, рекомендованных Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) и используемых в климатических исследованиях России.

Заметим, что переход средней суточной температуры воздуха через 0 °С к положительным значениям отождествляют с началом теплого (либо безморозного) периода, к отрицательным значениям — холодного (морозного) [6]. За 15–20 дней до перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С прекращаются устойчивые морозы и начинается

* Надежда Константиновна Барашкова (meteo@ggf.tsu.ru); Ирина Валерьевна Кужевская (ivk@ggf.tsu.ru); Ольга Владимировна Носырева (meteo@ggf.tsu.ru; ov_nosyreva@mail.ru).

ранневесенний период. С переходом средней суточной температуры воздуха через 0 °С начинаются таяние снега и оттаивание почвы. В данной статье мы будем придерживаться этих определений.

Для всестороннего описания термических ресурсов необходимо также исследовать зависимость их от циркуляционных факторов, особенностей рельефа местности. Этот аспект в данной статье практически не освещается, частично он представлен в [3].

Результаты анализа

В табл. 1 приводятся основные статистические характеристики временных показателей теплого периода в Томске. Средняя дата (\bar{X}) наступления безморозного периода приходится на 13 апреля, а его окончание – на 17 октября, средняя продолжительность периода составляет 184 дня. Самая поздняя дата за период – 1 мая 1992 г., наиболее ранняя – 19 марта 1997 г., максимально длительный период T_{0-0} , равный 210 дням, наблюдался в 1995-м и самый короткий (144 дня) – в 1984 г.

Продолжительность вегетационного периода составляет 146 дней, находясь между датами его наступления 3 мая и окончания 29 сентября. Самая поздняя дата за период – 29 мая 1958 г. и наиболее ранняя – 8 апреля 1997 г. Период T_{5-5} – наиболее короткий (117 дней) – отмечался в 1968 г., самый длительный (189 дней) – в 1997 г.

Значение медианы (Me) практически совпадает с \bar{X} , что косвенно указывает на нормальный харак-

тер распределения рядов и на устойчивость самой средней величины.

Корректность полученных статистических характеристик подчеркивается согласованностью σ_x с приводимым ее значением для Западной Сибири в [1], которое составляет ± 8 дней.

Значения стандартных отклонений (σ_x) для величин D_0 и D_5 осени указывают на то, что они в целом являются слабо изменчивыми величинами и, соответственно, для выявления скрытых периодичностей необходимо применение аппроксимации рядов полиномами высокой степени.

При этом было выявлено, что σ_x для величины D_0 (весна) составляет 10 дней и она не равномерно распределяется внутри ряда. Есть периоды, когда отклонение составляет не более 8 дней (с 1961 по 1995 г.) и даже не превышает 6 дней (начало периода исследований до 1960 г.), тогда как период с 1996 по 2000 г. характеризуется максимальным σ_x . После 2000 г. σ_x начинает уменьшаться.

Некоторые отличия изменчивости D_0 и D_5 весны и осени характеризуют данные табл. 2, в которой представлена повторяемость отклонений (Δ) дат перехода D_0 и D_5 от величины \bar{X} по градациям. Так, весной число случаев со знаком «минус» (ранняя дата) больше, чем со знаком «плюс» (поздняя дата), но более половины случаев со знаком «минус» приходится на интервал 1–5 дней, а со знаком «плюс» приходится на интервал 11–15 дней (около половины случаев). На интервал более 20 дней приходятся единичные случаи любых знаков отклонения.

Таблица 1

Среднегодовое параметры временных показателей теплого периода

Параметр	Весна		Осень		Длительность	
	D_0	D_5	D_0	D_5	T_{0-0}	T_{5-5}
\bar{X}	13 апреля	3 мая	17 октября	29 сентября	184	146
Me	12 апреля	3 мая	17 октября	29 сентября	183	145
σ_x	10	11	9	8	13	14
Абс. максимум	1 мая	29 мая	3 ноября	17 октября	210	189
Абс. минимум	19 марта	8 апреля	20 сентября	2 сентября	144	117
Тренд, дн./10 лет	-0,5	-1,5	0,5	0,1	0,9	1,7

Таблица 2

Повторяемость отклонений (Δ) дат перехода D_0 и D_5 по градациям для Томска (число случаев)

Сезон	Знак Δ	Интервал ΔD , дни							
		0	1–5	6–10	11–15	16–20	21–25	> 25	Σ
Весна	+	D_0							
		0	9	3	10	3	0	0	25
	–	D_5							
		19	5	4	2	1	0	31	
Осень	+	D_0							
		4	13	6	4	3	2	1	33
	–	D_5							
		11	4	5	2	1	0	23	
Осень	+	D_0							
		3	12	8	7	1	0	0	31
	–	D_5							
		13	5	3	3	0	1	25	
+	D_0								
	2	14	10	1	2	0	0	29	
–	D_5								
	15	9	2	0	0	1	27		

Окончание теплого периода D_0 и вегетационно-го D_5 осенью имеет Δ в пределах $\pm \sigma_x$ соответствующих величин (до 10 дней), чего нельзя сказать о начале этих периодов. Так, в случае позднего начала теплого периода Δ в 11–15 дней соответствует $1,5\sigma_x$. Более раннее начало теплого периода является, как правило, близким к норме, и в половине случаев находится в интервале Δ от 1 до 5 дней.

Весной наиболее изменчивой является величина D_0 , она характеризуется тенденцией к позднему ($+\Delta$ 11–15 дней) и экстремально позднему ($+\Delta$ 16–20 дней) датам перехода. Начало вегетационного периода аналогично закономерностям его окончания, и Δ находится в пределах 10 дней (т.е. $\sim \sigma_x$).

Сравнение данных табл. 1 и 2 выявляет некоторую несогласованность знака тренда и повторяемости Δ для вегетационного периода (D_5). При преобладании $+\Delta$ (т.е. поздние даты перехода) наблюдается отрицательное значение линейного тренда D_5 ($-1,5$ дней/10 лет), указывающее на тенденцию к более раннему наступлению вегетационного периода.

Более детально закономерности временного хода рассматриваемых характеристик представлены на рис. 1.

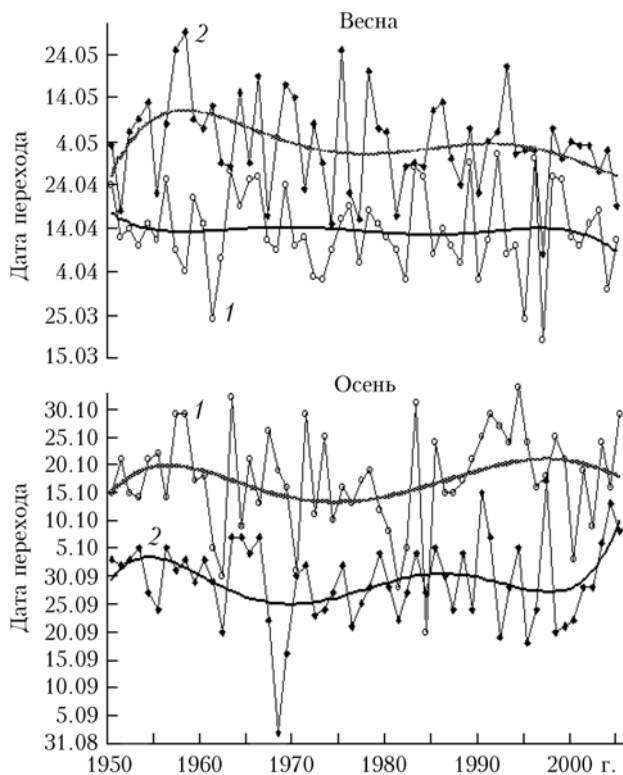


Рис. 1. Многолетний ход D_0 (1) и D_5 (2) и аппроксимация его полиномом 5-й степени

Подтверждается тенденция более раннего наступления теплого периода и видом полинома. Кроме того, вид полинома для D_5 весной повторяет основные особенности хода D_0 . Период колебаний выявить не удастся, вероятно из-за малой длины ряда.

Полином D_0 осенью выявляет колебания с периодом около 40 лет. Исследуемый период начался

с экстремально поздних дат окончания устойчивого безморозного периода, сменился затем длительным периодом ранних дат (приблизительно с 1973 г.). Вершины волн, характеризующие экстремально поздние даты окончания устойчивого теплого периода, приходятся на 1955 и 1996 гг., а ложбина (экстремально ранние даты) — на 1975 г. К началу 2000 г. наметилась тенденция перехода к более ранним датам, которая, вероятно, продолжается до настоящего времени.

Для D_5 осенью выявляется цикличность с меньшим, чем у D_0 , периодом (около 30 лет). Две вершины волны более поздних дат D_5 располагаются вблизи 1954 и 1985 гг. и две ложбины (более ранних дат) D_5 — вблизи 1969 и 1990 гг. Последний отрезок полинома D_5 характеризуется увеличением скорости в тенденции перехода к более поздним датам.

Для выявления причин несогласованности знака тренда и величин Δ были построены интегрально-разностные кривые Δ для D_0 и D_5 весной и осенью, а также для длительности (T) теплого и вегетационного периодов (рис. 2).



Рис. 2. Интегральные кривые Δ для D_0 , D_5 и T_{0-0} , T_{5-5} : 1 — отклонения для теплого периода (D_0 , T_{0-0}); 2 — для вегетационного периода (D_5 , T_{5-5})

Для построения кривых использован метод интегрально-разностных кривых, который предполагает формирование ряда, члены которого представляют собой сумму отклонений величин от среднего

Линейный тренд (дней/10 лет) по различным временным отрезкам

Период	Весна		Осень		Длительность	
	Д ₀	Д ₅	Д ₅	Д ₀	Т ₅₋₅	Т ₀₋₀
1950–1978	-1,1	-1,5	-3,1	-1,0	-1,5	0,1
1979–1994	0,3	4,4	1,8	17,1	-2,6	16,6
1995–2005	2,1	-1,2	15,1	0,8	16,3	-0,9
1950–2005	-0,5	-1,5	0,1	0,5	1,7	0,9
1950–1975	-1,7	0,1	-3,2	-1,1	-2,8	0,5
1976–2005	-0,9	-0,5	1,7	3,4	2,2	4,3
1960–1990	-0,3	-2,1	1,2	0,2	3,3	0,5

значения (Δ) с первого до данного члена k . Например, для D_0 выражение примет вид

$$\Delta_k = \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}) = \sum_{i=1}^k (D_0 - \bar{D}).$$

В результате такого преобразования в сформированном ряду возрастает роль систематических факторов по сравнению со случайными. Кроме того, амплитуды длиннопериодных колебаний оказываются более увеличенными по сравнению с короткопериодными. Продолжительность циклов устанавливается на основании построенного графика интегрально-разностного ряда. Расстояние между экстремумами определяет длительность цикла. Метод широко используется в метеорологии для выявления, в частности, циркуляционных эпох.

Анализ построенных кривых позволяет сделать следующие выводы.

Весна. Начало исследуемого ряда совпадает, очевидно, с началом накопления отклонений D_0 и D_5 однонаправленного знака «+», а к началу 2000 г. наметилась тенденция к формированию накоплений знака «-». Таким образом, выявляется эпоха однонаправленного изменения D длительностью, примерно, в 60 лет, для которой аппроксимация тренда линейной функцией вполне оправданна.

Осень. В это время наблюдается иная картина. Имеются более рельефно выраженные колебания периодов накопления «+» и «-» отклонений. В то же время эти колебания явно не периодические. Так, гребень волны, характеризующий период накопления «+» отклонений (поздние даты), охватывает отрезок с 1950 по 1978 г. Ложбина волны, формирующаяся накоплением «-» отклонений (ранние даты перехода), характеризуется меньшим временным периодом – с 1979 по 1994 г. После этого начавшийся формироваться гребень нарастания поздних дат перехода, очевидно, наблюдается и до настоящего времени. Эти временные отрезки примерно совпадают с границами циркуляционных эпох по типизации Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса [7]. Таким образом, аппроксимировать долговременную тенденцию изменения величины D целесообразно кусочно-линейной функцией по выделенным временным отрезкам.

Продолжительность. Очевидно, что весь исследуемый временной ряд укладывается в эпоху $-\Delta$, есть непродолжительные флуктуации в сторону $+\Delta$, но они не нарушают однородности по знаку всего временного отрезка. Наметилась тенденция к началу формирования $+\Delta$ с 2000-х гг.

Величины трендов, рассчитанных по временным отрезкам, выделенным на основе однородного изменения величин D_0 и D_5 , по интегральным кривым, представлены в табл. 3. Там же (нижние три строчки) приводятся для сравнения оценки трендов по временным отрезкам, используемым для оценки климатических изменений в [2].

Заметно выделяется период 1979–1994 гг., когда тренды всех анализируемых характеристик сменили знак на противоположный по сравнению с предыдущим временным отрезком и, кроме того, значительно увеличился их модуль. Так, величины D_0 характеризуются в этом временном отрезке значением тренда, равным 17,1 дн./10 лет, что намного превышает значение тренда за весь временной ряд и отражает тенденцию к более позднему переходу через 0°C осенью.

Заключение

Одним из основных выводов проведенного исследования является обнаружение наметившейся после 1995 г. тенденции наступления теплого периода (D_0) в Томске в более поздние сроки (2,1 дн./10 лет), тогда как для вегетационного периода (D_5), наоборот, в более ранние (в среднем на 1,2 дн./10 лет). Значительно изменилась ситуация с данной характеристикой осенью, когда D_5 сильно сдвинулась на более поздние сроки окончания вегетационного периода (15,1 дн./10 лет), и это на фоне сохранения среднеклиматического значения окончания теплого периода (D_0). Эта тенденция хорошо отражена в изменении длительности вегетационного периода T_{5-5} (16,3 дн./10 лет).

1. *Климат России* / Под ред. Н.В. Кобышевой. СПб.: Гидрометеоздат, 2001. 656 с.
2. *Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации*. Т. 1. Изменения климата. М.: Росгидромет, 2008. 288 с.

3. *Барашкова Н.К., Кузевская И.В., Носырева О.В.* Переход температуры воздуха через 0 и 5 °С на юге Западной Сибири: режим, статистические характеристики и сопутствующие циркуляционные условия // Вестн. ТГУ. Томск: ТГУ, 2009. № 325. С. 191–195.
4. *Грингоф И.Г., Пасечнюк А.Д.* Агрометеорология и агрометеорологические наблюдения. СПб.: Гидрометеороиздат, 2005. 552 с.
5. *Педь Д.А.* Об определении дат устойчивого перехода температуры воздуха через определенные значения // Метеорол. и гидрол. 1951. № 10. С. 38–39.
6. *Климатические ресурсы и их прикладное использование* / Под ред. А.А. Исаева, М.А. Петросянца. М.: Изд-во МГУ, 1989. 160 с.
7. *Гирс А.А., Кондратович К.В.* Методы долгосрочных прогнозов погоды. Л.: Гидрометеоздат, 1978. 344 с.

N.K. Barashkova, I.V. Kuzhevskaya, O.V. Nosyreva. **State and climatic tendencies of temporal indices of warm season at the south of Western Siberia.**

Results of research of time indicators of the warm period on the basis of dates of steady transition of ground temperature of air through 0 and 5 °C are presented. The duration of the warm and vegetative periods according to the station Tomsk also are presented. The estimation of tendencies of variability of the specified characteristics is carried out.