

УДК 551.5

**ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА
СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ ЗА ПЕРИОД 1850–2014 гг.***Ю.П. Переведенцев, К.М. Шанталинский***Аннотация**

Описаны изменения приземной температуры воздуха Северного полушария за весь период метеорологических наблюдений с 1850 по 2014 г. Выявлены периоды наиболее заметного роста и понижения температуры, 60–70-летние колебания. Отмечено, что последнее десятилетие (2005–2014 гг.) оказалось самым теплым за все время надежных метеорологических наблюдений. Аномалия средней годовой температуры, осредненной по всему Северному полушарию, достигла своих максимумов в 2005 г. (0.719 °С), в 2010 г. (0.713 °С) и в 2014 г. (0.750 °С). Анализ температурного ряда по ст. Казань, университет, за 1828–2014 гг. показал, что средняя годовая температура воздуха повысилась больше чем на 4 °С и около половины этого изменения обусловлено глобальными факторами. Отмечен существенный рост летней температуры в Казани в начале двадцать первого столетия, в то же время наметились тенденция к понижению температуры с декабря по март и существенный рост ноябрьских температур.

Ключевые слова: температура воздуха, аномалия температуры, низкочастотная компонента, коэффициент корреляции, параметры линейного тренда, тенденция изменения.

Введение

В Казанском университете систематические метеорологические наблюдения начались с февраля 1805 г., а в мае 1815 г. в газете «Казанские известия» была опубликована первая научная работа «Следствия из метеорологических наблюдений в Казани 1814 года», подготовленная профессором физики Ф.К. Броннером. Этим положено начало метеорологии как науке в Казанском университете.

В последующем усилиями известных профессоров – А.Я. Купфера, И.М. Сиимонова, Э.А. Кнорра, А.С. Савельева, И.А. Больцани, И.Н. Смирнова, Р.А. Колли, И.П. Слугинова, Д.А. Гольдгаммера (XIX столетие), В.А. Ульянина, П.Т. Смолякова, О.А. Дроздова, Н.В. Колобова и др. (XX столетие) – была создана известная в России и за ее пределами Казанская метеорологическая школа (КМШ).

К числу приоритетных исследований этой школы относятся изучение макромасштабной атмосферной циркуляции и энергетики атмосферы, современных глобальных и региональных изменений климата и их последствий, что нашло свое отражение в многочисленных публикациях и выступлениях представителей КМШ на научных конференциях различного уровня. Особое внимание было уделено изучению климатического режима Приволжского федерального округа, Республики Татарстан и города Казани [1–7].

Современные информационные и вычислительные возможности кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского федерального

университета (КФУ) позволяют проводить метеорологические и климатические исследования с широким охватом пространственных и временных интервалов [8–11].

В более ранней статье авторов [12] также рассматривались вопросы изменения современного климата на территории Северного полушария (СП) в период 1850–2013 г. В настоящей статье временной ряд аномалий температур увеличен за счет привлечения данных 2014 г. Естественно это обстоятельство не могло существенно повлиять на тенденцию изменения температуры СП. Однако цель статьи заключается в рассмотрении динамики климата г. Казани на фоне макромасштабных процессов.

Как следует из климатической доктрины РФ, ожидаемые изменения климата являются причиной угроз безопасности Российской Федерации, что требует получения полной и объективной информации о текущих и возможных в будущем климатических изменениях. Поэтому целью настоящей статьи является анализ климатических изменений на Земле с 1850 г. (с момента появления надежных метеорологических наблюдений) по настоящее время, а также метеорологических наблюдений за температурой воздуха, проводимых Метеорологической обсерваторией Казанского университета, за период 1828–2014 гг.

В настоящее время принято считать, что глобальные и региональные изменения климата происходят под влиянием как естественных (солнечная и вулканическая активность) факторов, так и антропогенных [13, 14]. При этом большинство исследователей отдает предпочтение более развитой парниковой теории изменения климата, что нашло свое отражение в последних обобщающих работах [15, 16].

Материалы и методы

В настоящей статье для оценки временной изменчивости температуры воздуха как для всего СП в целом, так и умеренной зоны (30–70° с.ш.) были использованы наиболее надежные временные ряды аномалий приповерхностной температуры по всему земному шару с 1850 по 2014 г. (объединенный массив данных CRU и центра Хэдли – HadCRUT4), с сайта группы исследования климата Университета Восточной Англии, обозначаемые далее как данные CRU, а также данные NCEP/NCAR реанализа приповерхностной температуры воздуха, температуры в тропосфере и стратосфере СП за последние 66 лет (1948–2013 гг.).

Все это позволило произвести расчеты температурных характеристик для различных частей умеренной широтной зоны для зимнего и летнего периодов, исследовать долгопериодную динамику временных рядов. Подробно исследованы долгопериодные изменения приземной температуры воздуха в Казани. Выделение низкочастотной компоненты (НЧК) осуществлялось с помощью НЧ-фильтра Поттера [17] с точкой отсечения 10 и 30 лет и той же шириной окна.

Результаты и их обсуждение

Изменения приповерхностной температуры воздуха. По данным CRU выполнен анализ временного хода аномалий осредненных по СП температур за период 1850–2014 г., а по данным реанализа – пространственно-временной анализ

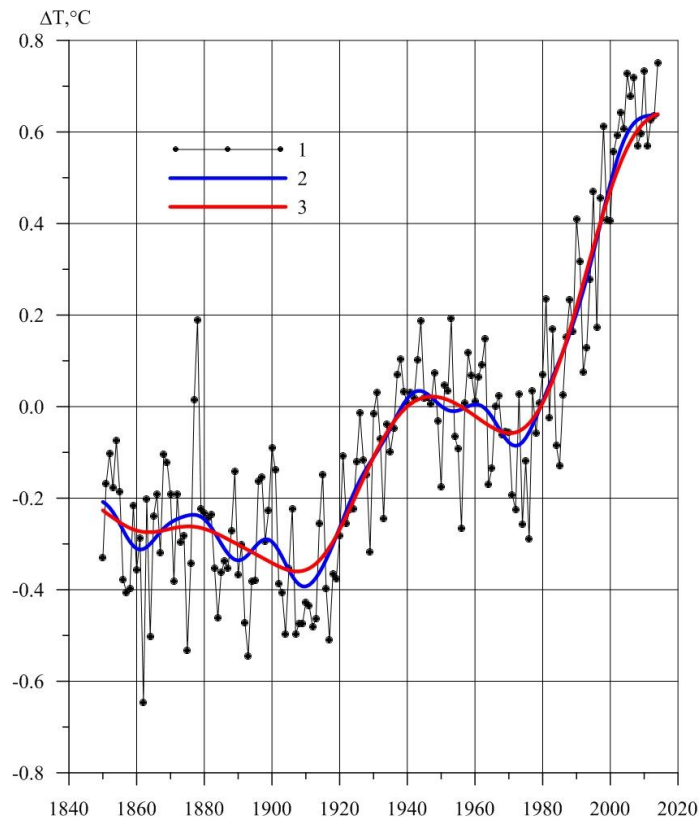


Рис. 1. Многолетний ход отклонений от нормы (1961–1990 гг.) средней годовой приземной температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) Северного полушария: 1 – исходный ряд, 2 – НЧК 10 лет и более, 3 – НЧК 30 лет и более

температуры за последние 60 лет от уровня Земли до 30 км, после применения низкочастотной фильтрации изучена ее долгопериодная динамика.

Детальная характеристика результатов анализа приведена в [12], здесь же отметим следующее. Анализ низкочастотной компоненты рядов аномалий приповерхностной температуры воздуха СП показывает, что и в зимний, и в летний период года потепление, начавшееся около 1910 г. и продолжающееся по настоящее время, не было однородным. В начале периода скорость роста температуры была существенно меньше, чем в конце исследуемого периода. Эти два этапа повышения температуры разделены относительно непродолжительным периодом похолодания, продолжавшимся с середины 40-х до начала 70-х годов XX в. (рис. 1, 2). В результате в ходе аномалий средней годовой приповерхностной температуры СП четко проявляются как 60–70 летнее колебание, так и более слабое 20-летнее, которое проявляется наиболее активно в периоды похолоданий (рис. 1). Отсюда следует, что если ансамбль выявленных колебаний температуры сохранится, то в ближайшем будущем можно ожидать некоторого снижения темпов потепления, которое уже намечилось, и даже возможно слабого похолодания [18].

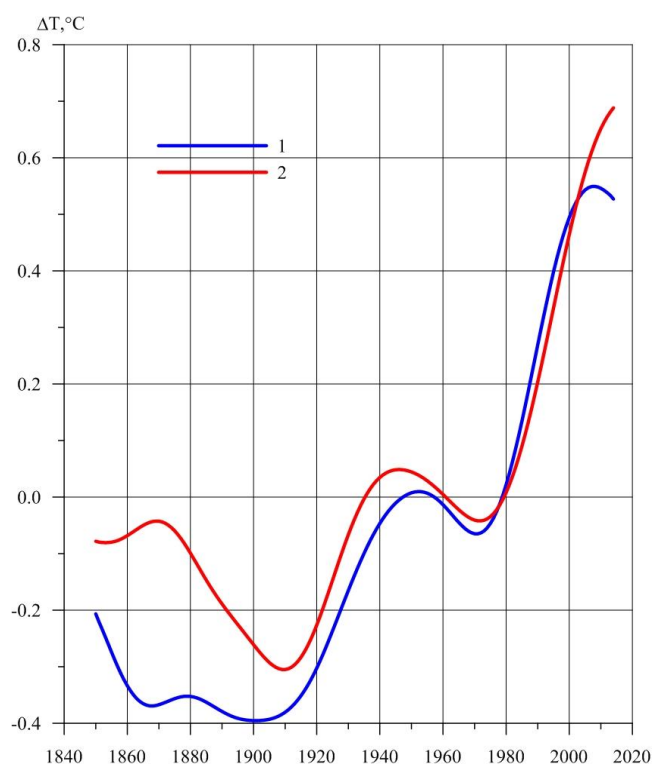


Рис. 2. Распределение во времени НЧК 30 лет и более компоненты аномалий (от норм 1961–1990 гг.) средней зимней (1) и летней (2) приземной температуры воздуха (°C) Северного полушария

Использование данных реанализа показывает, что процессы изменения температуры наиболее выражены в приполярной зоне СП, где похолодание, составившее $-0.54\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 13 лет, сменилось потеплением, которое продолжается уже 44 года и к настоящему времени составило $2.38\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В умеренной зоне интенсивности последнего потепления климата и предшествующего ему похолодания весьма близки и составляют $+0.22\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет и $-0.27\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет соответственно. В результате за последние 37 лет температура повысилась на $0.75\text{ }^{\circ}\text{C}$, что почти в три раза меньше, чем в приполярной зоне. Более того, в последние годы рост средней годовой температуры в умеренной зоне СП практически прекратился.

Наименьшие изменения средней годовой приземной температуры воздуха наблюдаются в тропической зоне, где за последние 39 лет температура повысилась на $0.54\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Как уже отмечалось ранее, крупные вулканические извержения оказывают влияние на поведение температуры воздуха, что проявилось наиболее ярко практически во всех регионах СП в период с 1983 по 1994 г. Это явление вызвано уменьшением прозрачности атмосферы в связи с поступлением в атмосферу большого количества продуктов извержений вулканов Эль-Чичон и Пинатубо. В результате уменьшение роста температуры отмечается во всей тропосфере, а в стратосфере, наоборот, вследствие поглощения солнечной радиации продуктами извержения имеет место значительный рост температуры.

Выявлена зависимость изменения температуры от характера подстилающей поверхности. Так, над океаном, как более инерционной средой, изменения температуры менее выражены, чем над сушей, где наибольшие изменения имеют место в умеренной зоне Евразии. Здесь похолодание за 24 года составило $1.02\text{ }^{\circ}\text{C}$, а потепление за 38 лет – $1.01\text{ }^{\circ}\text{C}$. Над океанической поверхностью наиболее активные температурные изменения происходят в северной части Индийского океана (к северу от экватора), где потепление продолжается 54 года (1956–2010 гг.) и составило $0.82\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Анализ изменений температуры в тропосфере показал, что при общем потеплении тропосферы в период с 1972 по 2010 г. наиболее значительное потепление имело место на верхней границе пограничного слоя (уровень изобарической поверхности 850 гПа), где оно составило величину около $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В стратосфере тропосферное потепление сопровождалось понижением температуры. Однако с начала XXI столетия и в стратосфере началось потепление. В условиях противофазности процессов в тропосфере и стратосфере в период с 1995 по 2010 г. также можно предположить, что в ближайшие годы в тропосфере, возможно, наступит похолодание.

Изменения температуры воздуха в Казани. Важным источником сведений об изменении климата за время инструментальных наблюдений могут служить данные многолетних наблюдений за температурой воздуха на так называемых «длиннорядных» метеорологических станциях, к которым относится Метеорологическая обсерватория Казанского университета (ст. Казань, университет), где непрерывные ряды наблюдений сохранились с 1828 г.

Представление о наиболее общих чертах многолетнего режима приземной температуры воздуха на ст. Казань, университет, за весь период наблюдений с 1828 по 2014 г. дают средние за этот период месячные, сезонные и годовые значения приземной температуры воздуха (\bar{T}) и значения их средних квадратических отклонений (σ_T). Сравнение указанных характеристик за первые и последние 30 лет исследуемого периода позволяет в первом приближении оценить характер изменения температурного режима.

Из табл. 1 следует, что термический режим на ст. Казань, университет, характеризуется существенным годовым ходом с минимумом в январе и максимумом в июле, а также значительной изменчивостью, наиболее выраженной в зимний период. Кроме того, сравнение средних многолетних величин температуры воздуха в начале и конце периода наблюдений показывает, что на исследуемой территории за указанный период во все месяцы года приземная температура воздуха существенно выросла и наибольший рост имел место в зимний период.

Более детальную информацию о характере изменения температурного режима можно получить, выполнив сглаживание исходных временных рядов. Была проведена низкочастотная фильтрация многолетних рядов температуры с помощью НЧ-фильтра Поттера с отсечением колебаний с периодами менее 30 лет (рис. 3). Это позволило определить периоды однозначного изменения температуры продолжительностью более 10 лет. Кроме того, для этих периодов методом наименьших квадратов оценивались параметры линейных трендов средней годовой температуры воздуха (СГТВ) (табл. 2).

Табл. 1

Средние многолетние значения (\bar{T} , °C) и средние квадратические отклонения (σ_T , °C) приземной температуры воздуха на ст. Казань, университет, за весь период наблюдений (1828–2014 гг.), первые (1828–1857 гг.) и последние 30 лет (1985–2014 гг.)

Мес.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	Зима	Лето
1828–2014 гг.															
\bar{T}	-12.7	-11.7	-5.6	4.3	13.0	17.8	20.0	17.7	11.5	4.2	-3.2	-10.0	3.8	-11.5	18.5
σ_T	3.8	3.5	2.8	2.7	2.5	2.0	1.9	1.9	2.0	2.2	3.0	3.9	1.3	2.7	1.4
1828–1857 гг.															
\bar{T}	-14.4	-12.3	-6.9	2.8	12.0	16.9	19.4	17.2	10.7	3.5	-3.7	-12.1	2.8	-12.8	17.8
σ_T	3.6	3.2	2.5	1.9	2.5	1.7	1.9	2.1	2.2	2.0	2.6	4.0	0.9	2.6	1.5
1885–2014 гг.															
\bar{T}	-10.1	-9.8	-3.0	6.3	14.2	19.2	21.0	18.6	12.4	5.4	-2.6	-7.9	5.3	-9.3	19.6
σ_T	3.4	3.9	2.3	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.7	3.3	3.2	1.0	2.3	1.4

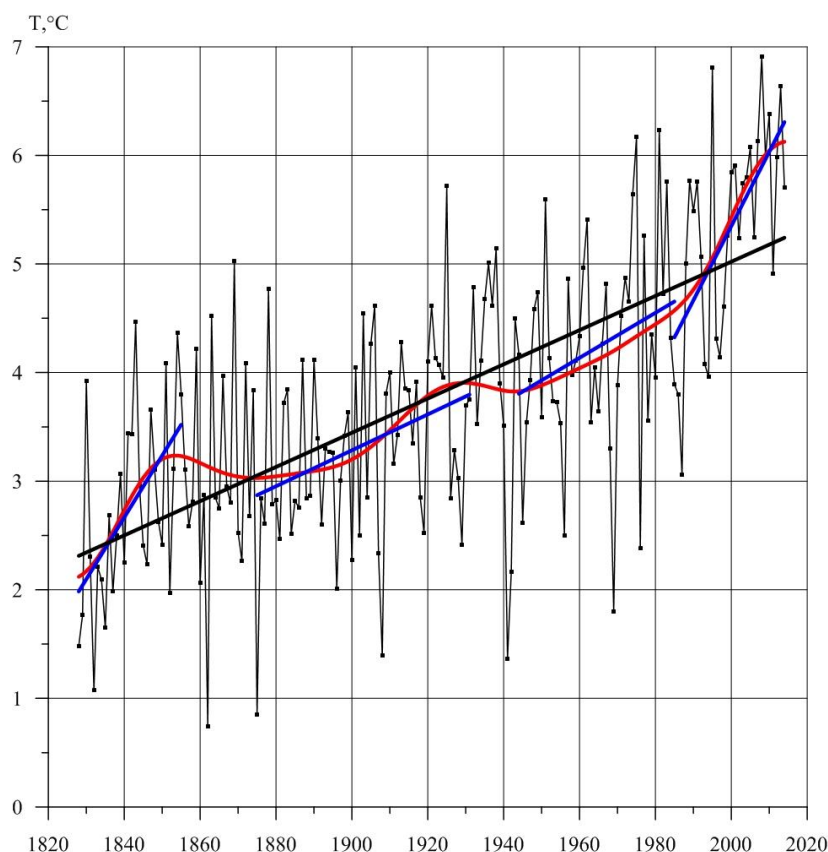


Рис. 3. Многолетний ход СГТВ на ст. Казань, университет, его линейное сглаживание по всему периоду (черная линия), отдельным участкам значимого роста (синяя линия) и сглаживание НЧ-фильтром Поттера с точкой отсечения 30 лет (красная линия)

На ст. Казань, университет, наблюдается устойчивая многолетняя тенденция к росту (рис. 3) средней годовой температуры воздуха (СГТВ). Однако изменение сглаженной (низкочастотной) составляющей показывает существенную неоднородность изменения СГТВ со временем. Так, в начале имеющегося периода

Табл. 2

Характеристики линейного тренда и низкочастотной компоненты СГТВ с периодом более 30 лет на ст. Казань, университет

Период наблюдений		Характеристики							НЧК	
Начало	Конец	Линейного тренда								
		$\Delta\tau$	A	α_A	σ_A	B	σ_B	R^2	ΔT	$\Delta T / \Delta\tau$
1828	2014	186	0.016	0	0.0012	2.296	0.1349	0.46	4.01	0.0216
1828	1854	26	0.055	0.0097	0.0195	1.951	0.3120	0.21	1.12	0.0429
1855	1874	20	0.019	0.6273	0.0388	2.921	0.4647	0.00	-0.21	-0.0103
1875	1930	56	0.017	0.0193	0.0069	2.853	0.2259	0.08	0.88	0.0156
1931	1943	13	-0.112	0.1831	0.0790	4.713	0.6273	0.08	-0.08	-0.0061
1944	1984	41	0.024	0.0681	0.0125	3.744	0.3022	0.06	0.72	0.0175
1985	2014	30	0.068	0.0003	0.0164	4.255	0.2912	0.36	1.58	0.0527

Здесь $\Delta\tau$ – продолжительность периода однозначного изменения СГТВ (годы), A – коэффициент наклона линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/\text{год}$), α_A – значимость и σ_A – стандартная ошибка определения коэффициента наклона линейного тренда, B – свободный член линейного тренда ($^{\circ}\text{C}$), σ_B – стандартная ошибка свободного члена, R^2 – коэффициент детерминации линейного тренда, ΔT – величина изменения температуры по сглаженной кривой ($^{\circ}\text{C}$), $\Delta T / \Delta\tau$ – скорость изменения температуры по сглаженной кривой ($^{\circ}\text{C}/\text{год}$).

наблюдений (1828–1854 гг.) СГТВ быстро возростала, затем в течение 20 лет рост не наблюдался (имело место даже некоторое статистически незначимое понижение температуры). Далее, с 1875 по 1930 г. СГТВ вновь возростала, однако скорость этого роста была существенно меньше, чем в начале периода. В 30-е и начале 40-х годов XX в. вновь наблюдалось статистически незначимое уменьшение температуры, которое сменилось длительным ее повышением с 1944 по 2014 г. Это потепление по скорости изменения СГТВ может быть разделено на два периода: 1944–1984 гг., когда скорость потепления была невелика, и 1985–2014 гг. В этот последний период повышение СГТВ шло наиболее высокими темпами. В результате СГТВ за весь период 1828–2014 гг. повысилась более чем на 4°C .

Более подробную информацию о характере долгопериодного изменения температуры в различные месяцы года можно получить из анализа рис. 4, на котором представлено поле изменения от года и месяца первых разностей низкочастотной компоненты с периодом более 30 лет приземной температуры воздуха на ст. Казань, университет. Первые разности НЧК характеризуют скорость низкочастотного изменения температуры.

Наиболее резкие изменения температуры воздуха происходили в холодный период года. На общем фоне повышения температуры воздуха в Казани более короткие периоды повышения температуры сопровождалась в это время года менее интенсивными периодами похолодания. Наиболее неустойчиво менялась температура в ноябре. В последнее десятилетие наметилась тенденция к понижению температур с декабря по март, в то время как ноябрьские температуры существенно выросли.

В теплый период года большую часть исследуемого периода имели место незначительные изменения температуры, и до начала XXI столетия преобладало слабое ее понижение. Однако далее температура летнего периода в Казани стала существенно расти. Особенно активно этот процесс идет в августе.

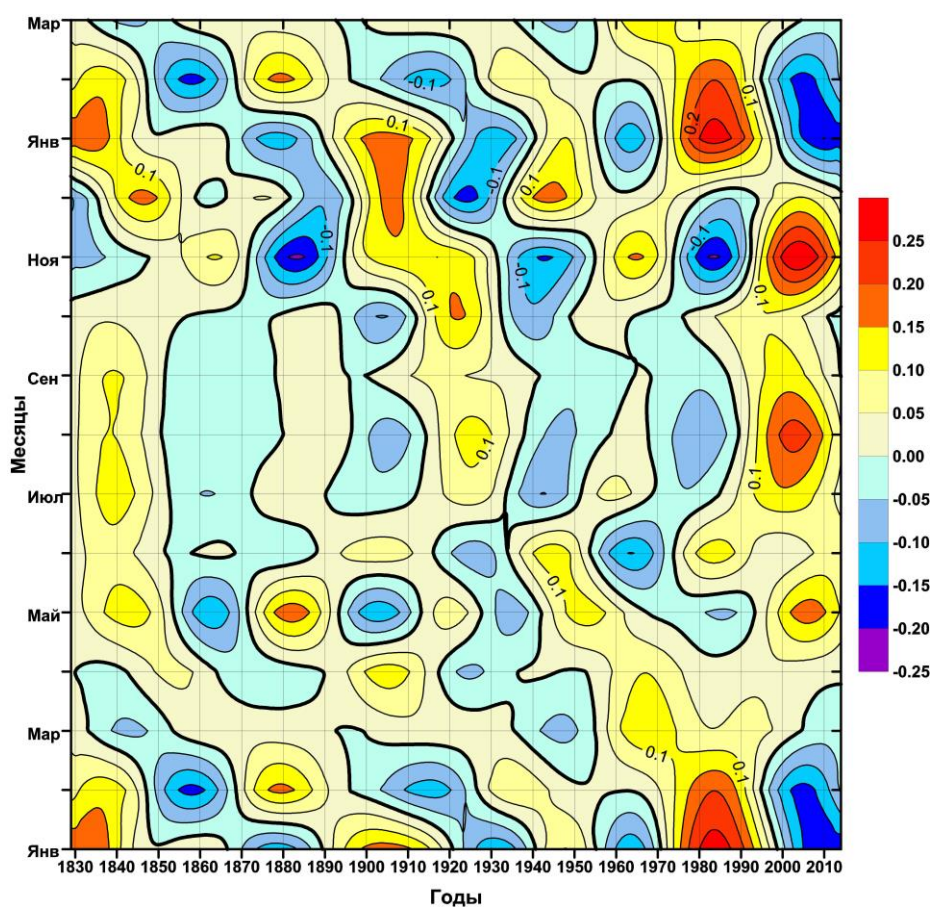


Рис. 4. Первые разности ($^{\circ}\text{C}/\text{год}$) НЧК с периодом более 30 лет приземной температуры воздуха на ст. Казань, университет

Многолетние колебания температуры воздуха есть интегральный результат проявления факторов различного масштаба: глобальных, региональных и локальных. Для определения величины относительного вклада глобальных факторов в общую изменчивость температуры воздуха были рассчитаны коэффициенты линейной корреляции r между аномалиями средних годовых, зимних (декабрь – февраль) и летних (июнь – август) температур воздуха на ст. Казань, университет и значениями аномалий приповерхностных температур, осредненных по всему СП. Аномалии температур вычислялись относительно средних за период 1961–1990 г. Коэффициенты корреляции рассчитывались как за весь период с 1850 по 2014 г., так и за отдельные части этого периода, характеризующиеся однозначными долгопериодными изменениями температуры воздуха СП.

Квадрат коэффициента корреляции характеризует вклад факториального признака в изменчивость результативного признака. Если допустить, что изменения температуры всего СП происходят под влиянием глобальных процессов, то результаты (табл. 3) показывают, что вклад этих процессов в изменчивость средней годовой температуры на ст. Казань, университет, за весь период составляет почти 49%. При этом глобальные процессы в большей степени определяют поведение средней температуры в Казани в зимний период, чем в летний.

Табл. 3

Значения коэффициентов корреляции r между аномалиями температур воздуха на ст. Казань, университет, и приповерхностных температур, осредненных по всему Северному полушарию

Период наблюдений		Год	Зима	Лето
1850	2014	0.70	0.58	0.46
1850	1910	0.41	0.45	0.22
1910	1944	0.20	0.25	0.21
1945	1976	0.18	0.55	0.44
1977	2014	0.66	0.49	0.60
1850	1976	0.63	0.55	0.48
1910	2014	0.44	0.46	0.28

Следует также отметить, что влияние глобальных факторов в большей степени проявляет себя в периоды выраженного потепления СП.

Выводы

Изменения приповерхностной температуры воздуха СП за наиболее длительный период наблюдений (1850–2014 гг.) испытывают во времени неравномерный ход, определяемый 60–70-летним колебанием естественного происхождения. Однако в течение всего периода отчетливо выражена тенденция потепления климата.

Анализ наиболее длинного ряда температуры воздуха по ст. Казань, университет, (1828–2014 гг.) показал, что среднегодовая температура воздуха повысилась более чем на 4°C. Наиболее быстрыми темпами она повышалась с 80-х годов XX в. по настоящее время. При этом изменения температуры в годовом ходе происходят неравномерно, что особенно заметно в начале XXI столетия: в теплое время года (особенно в августе) температура существенно возросла, а в холодный период (декабрь – март) наметилась тенденция ее понижения. Ноябрьские температуры существенно выросли.

Методами корреляционного анализа показано, что вклад глобальных факторов в изменение температуры воздуха в Казани достигает 50%, остальное приходится на региональный компонент.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 15-05-06349).

Литература

1. *Переведенцев Ю.П.* Метеорология в Казанском университете: Становление, развитие, основные достижения. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2001. – 127 с.
2. *Переведенцев Ю.П., Соколов В.В., Наумов Э.П.* Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа. – Казань: Казан. ун-т, 2013. – 274 с.
3. *Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Наумов Э.П., Шанталинский К.М., Шафикова Р.Б.* Климат Казани и его изменения в современный период. – Казань: Казан. гос. ун-т, 2006. – 215 с.
4. *Переведенцев Ю.П., Шерстюков Б.Г., Наумов Э.П., Верещагин М.А.* Климатические условия и ресурсы Республики Татарстан. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2008. – 288 с.

5. *Переведенцев Ю.П.* Теория климата. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2009. – 504 с.
6. *Переведенцев Ю.П., Мохов И.И., Елисеев А.В., Шанталинский К.М., Важнова Н.А.* Теория общей циркуляции атмосферы. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2013. – 240 с.
7. *Переведенцев Ю.П., Наумов Э.П.* Становлению метеорологии в Казанском университете – 200 лет // Метеорология и гидрология. – 2012. – № 2. – С. 123–126.
8. *Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Наумов Э.П., Шанталинский К.М.* Региональные проявления современного потепления климата в тропо-стратосфере Северного полушария // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2005. – № 6. – С. 6–16.
9. *Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Аухадеев Т.Р., Исмагилов Н.В., Занди Р.* О влиянии макроциркуляционных систем на термобарический режим Приволжского федерального округа // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2014. – Т. 156, кн. 2. – С. 156–169.
10. *Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Важнова Н.А.* Пространственно-временные изменения основных показателей температурно-влажностного режима в Приволжском федеральном округе // Метеорология и гидрология. – 2014. – № 4. – С. 32–48.
11. *Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М.* Оценка современных изменений температуры воздуха и скорости ветра в тропосфере Северного полушария // Метеорология и гидрология. – 2014. – № 10. – С. 19–31.
12. *Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М.* Динамика тропо- и стратосферы и изменения современного климата // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2015. – № 1. – С. 211–231.
13. *Логинов В.Ф.* Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия. – Минск: ТетраСистемс, 2008. – 494 с.
14. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Eds. T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley.* – Cambridge, United Kingdom; N. Y., USA: Cambridge Univ. Press, 2013. – 1535 p.
15. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – М.: Росгидромет, 2014. – 60 с.
16. *Груза Г.В., Ранькова Э.Я.* Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. – 194 с.
17. *Отнес Р., Энноксон Л.* Прикладной анализ временных рядов: Основные методы. – М.: Мир, 1982. – 428 с.
18. *Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М.* Метеорологические исследования в Казанском университете за 200-летний период (1805–2008 гг.) // Университетская география в начале XXI века: Сб. ст. – М.: МАКС Пресс, 2008. – С. 99–107.

Поступила в редакцию
20.03.15

Переведенцев Юрий Петрович – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: Yuri.Perevedentsev@kpfu.ru

Шанталинский Константин Михайлович – кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: Konstantin.Shantalinsky@kpfu.ru

* * *

CHANGES IN THE NEAR-SURFACE AIR TEMPERATURE OF THE NORTHERN HEMISPHERE DURING THE PERIOD OF 1850–2014

Yu.P. Perevedentsev, K.M. Shantalinskii

Abstract

Changes in the near-surface air temperature of the Northern Hemisphere during the meteorological observations in 1850–2014 have been described. The periods of most pronounced temperature rising and falling, as well as 60–70-year-long fluctuations, have been revealed. It has been found that the recent decade (2005–2014) turns out to be the warmest for the entire time of reliable meteorological observations. The annual mean temperature anomaly averaged for the Northern Hemisphere peaked in 2005 (0.719 °C), 2010 (0.713 °C), and 2014 (0.750 °C). The analysis of the temperature series obtained at the Meteorological Observatory of Kazan University in 1828–2014 has shown that the mean annual air temperature increased by more than 4°C. About half of this change results from the effect of global factors. The significant growth of summer temperatures in Kazan during the early 21st century has been registered. At the same time, there is a tendency towards falling of the temperature from December to March and its significant rising in November.

Keywords: air temperature, temperature anomaly, low-frequency component, correlation coefficient, linear trend parameters, trend towards changes.

References

1. Perevedentsev Yu.P. Meteorology in Kazan University: Origination, Development, Main Results. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 2001. 127 p. (In Russian)
2. Perevedentsev Yu.P., Sokolov V.V., Naumov E.P. The Climate and Environment of the Volga Federal District. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 2013. 274 p. (In Russian)
3. Perevedentsev Yu.P., Vereshchagin M.A., Naumov E.P., Shantalinskii K.M., Shafikova R.B. The Climate of Kazan and Its Changes in the Modern Period. Kazan, Izd. Kazan. Gos. Univ., 2006. 215 p. (In Russian)
4. Perevedentsev Yu.P., Sherstyukov B.G., Naumov E.P., Vereshchagin M.A. Climatic Conditions and Resources of the Republic of Tatarstan. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 2008. 288 p. (In Russian)
5. Perevedentsev Yu.P. Theory of Climate. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 2009. 504 p. (In Russian)
6. Perevedentsev Yu.P., Mokhov I.I., Eliseev A.V., Shantalinskii K.M., Vazhnova N.A. Theory of Atmospheric General Circulation. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 2103, 240 p. (In Russian)
7. Perevedentsev Yu.P., Naumov E.P. 200 Years of Meteorology in Kazan University. *Meteorol. Gidrol.*, 2012, no. 2, pp. 123–126. (In Russian)
8. Perevedentsev Yu.P., Vereshchagin M.A., Naumov E.P., Shantalinskii K.M. Regional signs of climate warming in the tropo-stratosphere of the Northern Hemisphere. *Izv. Ross. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2005, no. 6, pp. 6–16. (In Russian)
9. Perevedentsev Yu.P., Shantalinskii K.M., Aukhadeev T.R., Ismagilov N.V., Zandi R. On the Effect of Macrocirculation Systems on the Thermobaric Conditions of the Volga Federal District. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2014, vol. 156, no. 2, pp. 156–169. (In Russian)
10. Perevedentsev Yu.P., Shantalinskii K.M., Vazhnova N.A. Spatiotemporal variations of major parameters of temperature and humidity regime in the Volga Federal District. *Meteorol. Gidrol.*, 2014, vol. 39, no. 4, pp. 228–239.
11. Perevedentsev Yu.P., Shantalinskii K.M. Estimation of the current changes in air temperature and wind velocity in the troposphere of the Northern Hemisphere. *Meteorol. Gidrol.*, 2014, no. 10, pp. 19–31. (In Russian)
12. Perevedentsev Yu.P., Shantalinskii K.M. The dynamics of tropo- and stratosphere and changes in the modern climate. *Fundam. Prikl. Klimatologiya*, 2015, no. 1, pp. 211–231. (In Russian)
13. Loginov V.F. Global and Regional Climate Changes: Reasons and Consequences. Minsk, Tetra-Sistems, 2008. 494 p. (In Russian)

14. Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. (Eds.) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom; N.Y., USA, Cambridge Univ. Press, 2013. 1535 p.
15. *The Second Assessment Report of the Roshydromet on Climate Changes and Their Consequences at the Territory of the Russian Federation. General Summary*. Moscow, Rosgidromet, 2014. 60 p. (In Russian)
16. Gruza G.V., Ran'kova E.Ya. *Observed and Expected Changes of Climate in Russia: Air Temperature*. Obninsk, FGBU "VNIIGMI-MTsD", 2012. 194 p. (In Russian)
17. Otnes R., Enokson L. *Applied Time Series Analysis: Basic methods*. Moscow, Mir, 1982. 428 p. (In Russian)
18. Perevedentsev Yu.P., Shantalinskii K.M. *Meteorological investigations in Kazan University for the period of 200 years (1805–2008)*. *Universitetskaya geografiya v nachale XXI veka* [University Geography in the Early 21 Century]. Moscow, MAKS Press, 2008. pp. 99–107. (In Russian)

Received
March 20, 2015

Perevedentsev Yurii Petrovich – Doctor of Geography, Professor, Head of the Department of Meteorology, Climatology and Ecology of the Atmosphere, Kazan Federal University, Kazan, Russia.
E-mail: Yuri.Perevedentsev@kpfu.ru

Shantalinskii Konstantin Mikhailovich – PhD in Geography, Associate Professor, Department of Meteorology, Climatology and Ecology of the Atmosphere, Kazan Federal University, Kazan, Russia.
E-mail: Konstantin.Shantalinsky@kpfu.ru