

УДК 551.582.1

## СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТОПИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА В КАЗАНИ

*Ю.П. Переведенцев, А.Б. Гимранова,  
М.М. Шарипова, Т.Р. Аухадеев*

### Аннотация

Рассмотрена динамика климатических характеристик отопительного периода в Казани в период 1966–2013 гг. с использованием ежедневных метеорологических наблюдений на станции Казань-университет. В результате статистических расчетов и анализа выявлено, что в рассматриваемый период суммы отрицательных температур отопительных сезонов, как и значения индекса потребления топлива, уменьшаются, в то же время наблюдается сокращение продолжительности отопительного периода и тенденция к росту среднесуточных температур воздуха. В целом отмечаемое современное потепление климата способствует уменьшению расходов ЖКХ на отопление помещений в холодный период года.

**Ключевые слова:** отопительный период, индекс потребления топлива, температура воздуха, продолжительность отопительного периода, тренды.

### Введение

На протяжении всего XX и в начале XXI века как в глобальном, так и в региональном масштабе наблюдаются заметные климатические изменения, способные оказывать влияние на жизнедеятельность биоты, лесное и сельское хозяйство, гидрологический режим и др. В принятой в 2009 г. Климатической доктрине Российской Федерации подчеркивается необходимость адаптации регионов к меняющимся климатическим условиям в целях их устойчивого развития [1]. Следует отметить, что ряд климатических изменений имеет позитивные последствия, в частности, на территории России в последние десятилетия наблюдается сокращение отопительного периода (ОП) и повышение средней температуры за этот период [2]. В настоящей работе рассматриваются результаты проведенного исследования по оценке изменений параметров отопительного периода такой крупной урбоэкосистемы, как столица Республики Татарстан – город Казань. В качестве исходных данных использовались метеорологические наблюдения на станции Казань-университет в период 1966–2013 гг.

Отопительным периодом принято называть холодную часть года, когда средняя суточная температура атмосферного воздуха устойчиво удерживается ниже +8 °С. В это время для поддержания нормальной температуры внутри жилых и производственных помещений необходимо их отапливать. При этом расходы на отопление составляют не менее 30–40% общих расходов вырабатываемой тепловой энергии [3]. В качестве параметров, характеризующих ОП, рассматриваются его продолжительность и интенсивность, или индекс потреб-

ления (ИП) топлива, который является информативной характеристикой затрат энергии на обогрев помещений зимой. Индекс потребления топлива рассчитывается по формуле [4]:

$$\text{ИП} = \sum |T - 20|, \quad (1)$$

где  $T$  – среднесуточная температура воздуха, °С.

В качестве порога комфортности в настоящей работе принята температура, равная 20 °С, следовательно, по формуле (1) рассчитывается сумма абсолютных величин отклонений среднесуточных значений температуры от порога комфортности в отопительный период.

К числу основных климатических характеристик (КХ) отопительного периода относятся: дата его начала осенью (Дн), дата окончания весной (Дк), его продолжительность с момента начала до конца декабря ( $L_1$ ), продолжительность периода с начала января до даты окончания ( $L_2$ ), общая продолжительность ОП  $L = L_1 + L_2$ , средняя температура  $T$  за период  $L$ , сумма среднесуточных температур воздуха за ОП. За начало интересующего нас сезона принимается момент, когда среднесуточная температура воздуха, как уже отмечалось, понижается до +8 °С или ниже и в течение 4 дней не поднимается выше этого значения. Оканчивается ОП, когда весной среднесуточная температура повышается до тех же +8 °С и в течение 4 дней не опускается ниже. Четырехдневный период выбран исходя из средней продолжительности естественных синоптических периодов.

Для получения оценок Дн, Дк,  $L$  и  $T$  использовались среднесуточные значения температуры воздуха за период с 1966 по 2013 г. (47 лет) на станции Казань-университет.

В результате была исследована структура и динамика основных характеристик ОП в Казани, определены их основные статистики (средние значения и характеристики изменчивости) в различные временные интервалы, параметры линейного тренда, коэффициенты корреляции исследуемых параметров со значениями индекса североатлантического колебания (NAO) и формами атмосферной циркуляции Вангенгейма – Гирса. Результаты расчетов представлены в таблицах и на рисунках.

В связи с современным потеплением климата на территории Северного полушария и в Поволжье [5–8] заметно изменились характеристики температурного режима. В первую очередь следует отметить, что сумма отрицательных температур, рассчитанная для каждого отопительного сезона рассматриваемого периода, имеет тенденцию к уменьшению, что вполне естественно, так как в зимне-весенний период отмечаются наибольшие положительные тренды среднемесячных температур. Как видно из рис. 1, коэффициент наклона линейного тренда положительный и составляет примерно 6.7 °С/год, то есть за 47 лет сумма отрицательных температур в среднем уменьшилась примерно на 300 °С. Это существенная величина, учитывая, что в межгодовом плане эта сумма изменяется в диапазоне от –2000 °С (сезон 1968–1969 гг.) до –700 °С (1988–1989 гг.), а средняя многолетняя сумма составляет примерно –1500 °С.

Статистическая значимость линейного тренда оценивается с помощью критерия Стьюдента и по величине коэффициента корреляции  $R^2$  (коэффициента детерминации). Тенденция изменения считалась статистически значимой, если

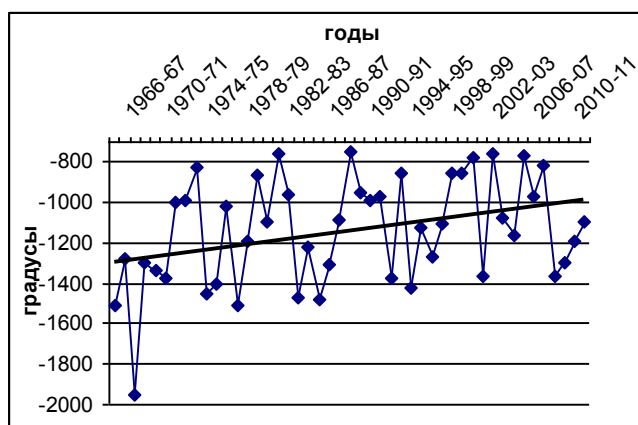


Рис. 1. Временной ход суммы отрицательных температур за отопительный сезон рассматриваемого периода (1966–2013 гг.),  $R^2 = 0.12$

ее уровень достоверности был равен или превышал 95%. При использованном объеме выборки (47 лет) это соответствует величине  $R^2 > 0.08$ . Значения  $R^2$  рассчитаны для каждого рисунка и приведены в их названиях, что позволяет оценить достоверность соответствующего тренда.

Расчеты показывают также, что величина среднесуточной температуры ОП (отрицательная) имеет тенденцию к повышению. При этом если в первую часть ОП (до 31 декабря) тенденция практически равно нулю, то во вторую половину ОП (с 1 января) коэффициент наклона линейного тренда весьма заметен и, следовательно, потепление происходит за зимне-весенний период (рис. 2). Интересно отметить, что в последние годы температура воздуха заметно понизилась, что свидетельствует об увеличении суровости зим. Причиной этому стало усиление блокирующих антициклонов в январе – феврале, что в условиях отрицательного радиационного баланса и малооблачной погоды в ночные часы приводит к сильному выхолаживанию приземного слоя атмосферы. На рис. 2 представлено распределение среднесуточной температуры воздуха отопительного периода за весь исследуемый период, что подтверждает вышесказанное.

В табл. 1. представлены данные о продолжительности ОП (в днях), датах его начала (осенью) и окончания (весной). Вся выборка поделена по десятилетиям: 1966–1976, 1976–1986, 1986–1996, 1996–2006 и 2006–2013 (7 сезонов), что позволяет проследить, как изменяются параметры ОП в условиях изменяющегося климата (с 70-х годов отмечается фаза активного потепления климата). Действительно, средняя продолжительность ОП двух первых декад несколько больше, чем более поздних, а индекс потребления топлива устойчиво уменьшается, что особенно заметно в заключительный период 1966–2013 гг.

На рис. 3 представлен временной ход продолжительности отопительного периода в Казани за 1966–2013 гг. (в днях). Как видно из рисунка, выявляется тенденция сокращения ОП за счет уменьшения его продолжительности в осенне-зимний период.

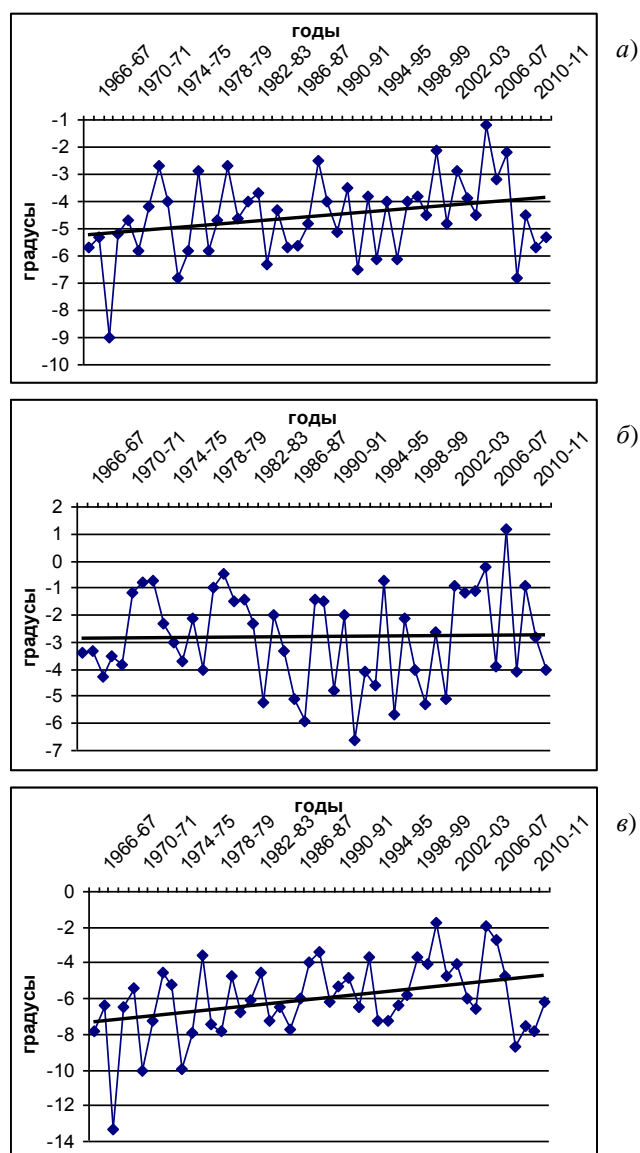


Рис. 2. Ход среднесуточной температуры ОП: а) за весь ОП,  $R^2 = 0.08$ , б) в первую часть ОП,  $R^2 = 0.0$ , в) во вторую часть ОП,  $R^2 = 0.13$

Табл. 1

Распределение осредненных характеристик отопительного периода в различные периоды наблюдений

Период (гг.)	Начало ОП	Конец ОП	Продолжительность ОП, дни	Средняя температура ОП, °С	ИП, °С
1966–1976	2 окт.	20 апр.	201	–5.3	5084.4
1976–1986	1 окт.	23 апр.	203	–4.5	4982.0
1986–1996	8 окт.	20 апр.	194	–4.8	4812.5
1996–2006	8 окт.	21 апр.	196	–4.1	4702.5
2006–2013	12 окт.	23 апр.	193	–4.1	4478.7
1966–2013	6 окт.	21 апр.	198	–4.6	4857.3

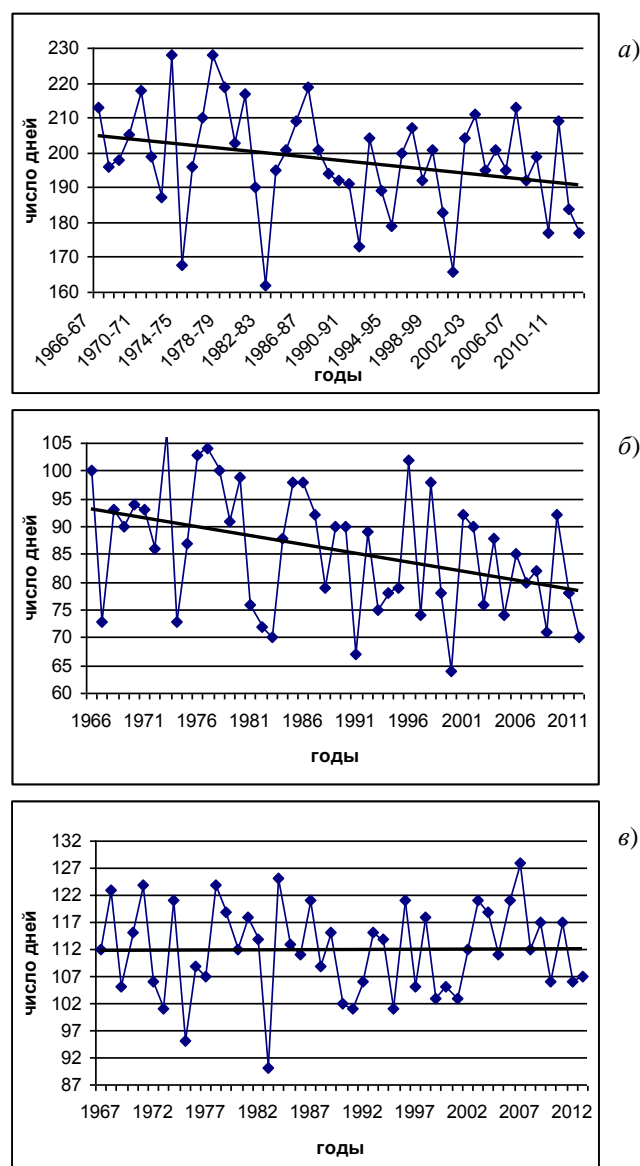


Рис. 3. Продолжительность отопительного периода: а) за весь отопительный сезон,  $R^2 = 0.08$ , б) в первую часть ОП,  $R^2 = 0.14$ , в) во вторую часть ОП,  $R^2 = 0.0$

Согласно оценкам к концу XXI в. ожидается существенное сокращение продолжительности отопительного периода в центральной части Европейской территории России до 20–25 дней [3]. Расчеты индекса потребления топлива показали, что этот показатель уменьшается со временем (рис. 4), что является следствием потепления климата в холодный период года.

Взаимный корреляционный анализ между параметрами ОП (табл. 2) подтвердил заведомо очевидные связи, в частности продолжительность ОП тесно связана с датами начала и окончания периода ( $\eta_n = -0.83$ ,  $\eta_k = -0.70$ ). Кроме того, установлено, что даты Дн и Дк связаны между собой слабой отрицательной связью ( $r = -0.20$ ), то есть при раннем начале ОП имеется слабая тенденция

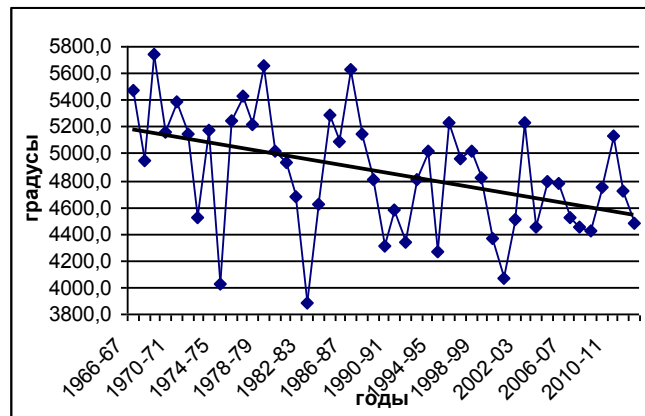


Рис. 4. Индекс потребления топлива за отопительный сезон рассматриваемого периода,  $R^2 = 0.18$

Табл. 2

Матрица взаимных корреляций за 1966–2013 гг.

	Дн	Дк	$L_1$	$L_2$	$L$	$T$
Дн	1.00	-0.20	-1.00	-0.18	-0.83	-0.09
Дк		1.00	0.20	1.00	0.70	0.15
$L_1$			1.00	0.18	0.84	0.08
$L_2$				1.00	0.69	0.15
$L$					1.00	0.14
$T$						1.00

к раннему его окончанию. Средняя температура ОП  $T$  находится в слабой зависимости от его продолжительности  $L$  ( $r = 0.14$ ).

Нами были рассчитаны также коэффициенты корреляции исследуемых параметров со значениями индекса NAO и формами атмосферной циркуляции (W – западной, E – восточной, C – меридиональной) Вангенгейма – Гирса. Выявилось, что значимые связи возникают между температурой воздуха второй части ОП (январь – март) с западной и восточной формами циркуляции ( $r = 0.49$ ), что свидетельствует о заметном вкладе атмосферной циркуляции в формирование термического режима отопительного периода в рассматриваемом регионе.

### Заключение

Анализ климатических характеристик отопительного периода в Казани в 1966–2013 гг. показал, что современное потепление климата играет роль энергосберегающего фактора для городского хозяйства: продолжительность ОП уменьшилась на 15 дней, индекс потребления топлива уменьшился на 639 °С. Следует отметить, что продолжительность отопительного периода сократилась за счет более позднего наступления холодов в осенний период. Кроме того, заметно повысилась среднесуточная температура отопительного периода.

## Литература

1. Климатическая доктрина Российской Федерации. – М., 2009. – 20 с.
2. *Исаева А.А., Шерстюков Б.Г.* Колебания климатических характеристик отопительного периода и оценка возможностей их сверхдолгосрочного прогноза (на примере Москвы) // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География.* – 1996. – № 2. – С. 68–75.
3. *Кобышева Н.В., Ключева М.В., Александрова А.А., Булыгина О.Н.* Климатические характеристики отопительного периода в субъектах Российской Федерации в настоящем и будущем // *Метеорология и климатология.* – 2004. – № 8. – С. 46–52.
4. *Борзенкова А.В., Шмакин А.Б.* Современные изменения климатических характеристик отопительного периода в России и их связь с атмосферной циркуляцией // *Изв. РАН. Сер. геогр.* – 2013. – № 4. – С. 59–69.
5. *Переведенцев Ю.П., Гоголь Ф.В., Наумов Э.П., Шанталинский К.М.* Динамика полей температуры воздуха Северного полушария в современный период // *Проблемы анализа риска.* – 2007. – Т. 4, № 1. – С. 73–80.
6. *Переведенцев Ю.П., Верецагин М.А., Шанталинский К.М. и др.* Изменения климатических условий и ресурсов среднего Поволжья. – Казань: Центр инновац. технологий, 2011. – 295 с.
7. *Переведенцев Ю.П., Соколов В.В., Наумов Э.П.* Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2013. – 272 с.
8. *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.

Поступила в редакцию  
11.08.14

---

**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](mailto:Yuri.Perevedentsev@kpfu.ru)

**Гимранова Айсылу Булатовна** – магистрант кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

**Шарипова Мадина Минвалеевна** – заведующая метеорологической обсерваторией КФУ, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

**Аухадеев Тимур Ринатович** – аспирант кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: [tauhadееv@yandex.ru](mailto:tauhadееv@yandex.ru)

\* \* \*

## CONTEMPORARY CHANGES IN THE CLIMATE CHARACTERISTICS OF THE HEATING SEASON IN KAZAN

*Yu.P. Perevedentsev, A.B. Gimranova, M.M. Sharipova, T.R. Aukhadееv*

### Abstract

We study the dynamics of the climate characteristics of the heating season in Kazan in 1966–2013 using daily meteorological observations at the Kazan University Meteorological Station. The statistical

calculations show the decrease in both the sums of negative temperatures and the fuel consumption indices. At the same time there is a reduction of the heating season duration and an upward trend in the mean daily temperatures. In general, contemporary climate warming leads to a reduction of heating costs during in the heating season.

**Keywords:** heating season, fuel consumption index, air temperature, heating season duration, trends.

#### References

1. Climate Doctrine of the Russian Federation. Moscow, 2009. 20 p. (In Russian)
2. Isaeva A.A., Sherstyukov B.G. Variations in the climate characteristics of the heating season and the evaluation of their potential for very-long-term forecasting (taking Moscow as an example). *Vestn. Mosk. Univ. Ser. 5. Geografiya*, 1996, no. 2, pp. 68–75. (In Russian)
3. Kobysheva N.V., Klyueva M.V., Aleksandrova A.A., Bulygina O.N. Climate characteristics of the heating season in the subjects of the Russian Federation in the present and the future. *Meteorologiya i klimatologiya*, 2004, no. 8, pp. 46–52. (In Russian)
4. Borzenkova A.V., Shmakin A.B. Contemporary changes in the climate characteristics of the heating season in Russia and their relation to atmospheric circulation. *Izvestiya RAN. Ser. Geogr.*, 2013, no. 4, pp. 59–69. (In Russian)
5. Perevedentsev Yu.P., Gogol F.V., Naumov E.P., Shantalinskii K.M. Dynamics of air temperature fields in the Northern Hemisphere in the recent period. *Problemy analiza riska*, 2007, vol. 4, no. 1, pp. 73–80. (In Russian)
6. Perevedentsev Yu.P., Vereschagin M.A., Shantalinskii K.M. et al. Changes in the Climate and Resources in the Middle Volga Region. Kazan, Tsentr innovatsionnykh tekhnologii, 2011. 295 p. (In Russian)
7. Perevedentsev Yu.P., Sokolov V.V., Naumov E.P. The Climate and Environment of the Volga Federal District. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 2013. 272 p. (In Russian)
8. Perevedentsev Yu.P., Shantalinskii K.M., Vazhnova N.A. Spatial and temporal changes in the basic parameters of temperature and humidity in the Volga Federal District. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2014, no. 4, pp. 32–48. (In Russian)

Received  
August 11, 2014

---

**Perevedentsev Yuri 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](mailto:Yuri.Perevedentsev@kpfu.ru)

**Gimranova Aisylu Bulatovna** – Undergraduate Student, Department of Meteorology, Climatology and Ecology of the Atmosphere, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

**Sharipova Madinya Minvaleevna** – Head of the Meteorological Observatory, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

**Aukhadeev Timur Rinatovich** – PhD Student, Department of Meteorology, Climatology and Ecology of the Atmosphere, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: [tauhadeev@yandex.ru](mailto:tauhadeev@yandex.ru)