

УДК 551.582.1(471.43-21)

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА КАЗАНИ И ИХ ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

*Ю.П. Переведенцев, Р.Х. Салахова, Н.В. Исмагилов,
Э.П. Наумов, К.М. Шанталинский*

Аннотация

Рассмотрены особенности изменчивости различных показателей климата Казани в XX столетии, представляющие практический интерес при организации работы муниципального хозяйства. Дана косвенная оценка состояния природной среды с помощью индекса биологической эффективности климата, гидротермического коэффициента и индекса горимости в теплый период года. Приведены сведения о динамике основных характеристик отопительного периода и других прикладных показателей климата.

Важную роль в формировании условий жизнедеятельности в окружающей среде играет температура воздуха. Она является также интегрирующим фактором природно-климатических особенностей того или иного региона. При этом следует учесть, что в летнее время температурный режим во многом определяется приходом солнечной радиации, в зимнее же время большее влияние на него оказывает циркуляция атмосферы, в особенности влияние Атлантики. В соответствии с этими факторами температура воздуха постоянно меняется, обнаруживая как непериодические, так и периодические изменения в виде суточного и годового хода [1, 2].

Сопоставление многолетних среднемесячных температур за периоды 1961–1990 гг. (климатические нормы) и 1991–2000 гг. показало, что среднемесячные значения температуры за десятилетний период (1991–2000) – самый теплый период XX столетия – превосходят, как правило, климатические нормы (рис. 1).

Особенно велики разности в январе (2.6°C), в июне (1.6°C), но в мае отмечается слабое похолодание (-0.4°C), в августе (-0.5°C) и в ноябре (-1.5°C) похолодание более заметное.

Были вычислены также средние многолетние суточные температуры воздуха (табл. 1) и средние многолетние суточные температуры по дням недели (табл. 2), а также средние многолетние значения суточной амплитуды температуры воздуха (табл. 3) за период 1944–2003 гг.

Согласно табл. 2, в январе температура постепенно возрастает от понедельника к субботе, что объясняется влиянием городского фактора – работой промышленных объектов и транспорта, что приводит к нагреву воздушного бассейна города вблизи земной поверхности.

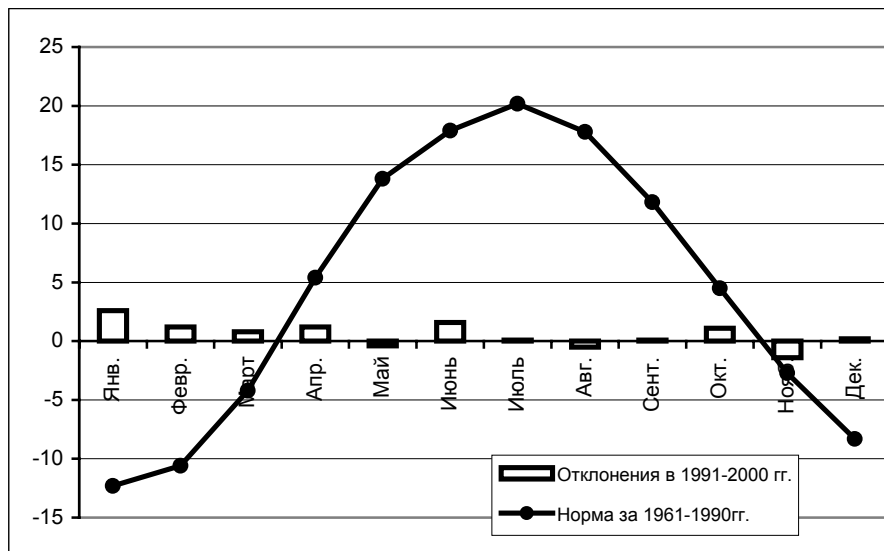


Рис. 1. Годовой ход средних температур воздуха (°C) за период 1961–1990 гг. и их разностей за периоды 1991–2000 и 1961–1990 гг.

На рис. 2 представлен ход средней многолетней суточной температуры воздуха в зимние и летние месяцы. Видно, что в зимний период картина наиболее сложная. В декабре отмечается тенденция снижения температуры (похолодание), однако к его концу наблюдается некоторый рост температуры (потепление), в январе ее фон пониженный, неустойчивый и наибольшее падение отмечается в конце месяца, в феврале отмечается тенденция ее роста к концу месяца. В июне имеет место ярко выраженная тенденция роста температуры, в июле происходят слабые колебания около 20°C, в августе начинается ее слабое понижение. Весной наблюдается стабильный рост температуры от месяца к месяцу, а осенью происходит слабое падение температуры.

Начиная с 1944 г. в Казани наблюдается также заметный рост минимальной и максимальной температур. В апреле происходит более заметный рост максимальной температуры ($y = 0.0525 \tau + 8.5596$; $R^2 = 8.39\%$), в июле отмечается слабый рост как минимальной, так и максимальной температуры, а в октябре он более заметный. Таким образом, экстремальные температуры во все центральные месяцы сезонов возрастают, что свидетельствует о заметном потеплении климата (растут ночные и дневные температуры).

Поведение среднемесячных значений суточной амплитуды температуры (по характеру линейных трендов) по месяцам характеризуется преимущественно их уменьшением в большинстве месяцев на 0.1–0.3°C/10 лет (особенно в июне и августе) к концу XX столетия (рис. 3).

Табл. 1
Средняя суточная температура воздуха, °С, на ст. Казань, университет (1944–2003 гг.)

Дни	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-10.3	-12.4	-8.9	0.1	10.6	15.3	19.9	19.8	16.0	8.3	-0.1	-6.9
2	-10.8	-12.6	-8.2	0.5	10.6	15.4	19.4	19.6	15.5	7.7	-0.1	-6.7
3	-11.1	-13.2	-7.3	1.0	10.8	16.0	19.8	19.6	15.0	7.1	-0.3	-6.8
4	-10.4	-13.0	-7.0	1.4	11.9	16.1	19.6	19.9	14.4	7.0	-0.8	-6.7
5	-10.2	-11.3	-7.6	2.4	12.5	16.4	19.5	19.5	14.7	7.2	-1.0	-6.5
6	-10.2	-11.4	-7.1	2.4	12.4	16.7	20.0	18.9	14.5	6.6	-1.5	-6.9
7	-10.7	-11.8	-6.6	2.4	12.6	17.3	19.9	19.1	14.3	6.1	-1.8	-7.0
8	-11.0	-12.7	-6.2	2.9	12.5	17.4	19.6	18.9	14.0	5.9	-1.9	-6.6
9	-11.0	-13.1	-5.9	3.3	12.7	17.5	19.9	18.6	13.6	5.8	-2.0	-7.2
10	-10.9	-12.0	-6.2	3.5	12.6	18.5	20.1	18.2	13.2	6.2	-1.8	-8.2
11	-11.0	-10.8	-6.1	3.9	12.3	19.0	20.5	18.6	13.1	6.2	-2.2	-8.0
12	-12.3	-11.3	-6.5	4.4	12.4	18.9	20.5	18.8	12.7	5.6	-2.8	-7.9
13	-13.0	-11.2	-5.8	5.0	12.8	18.9	20.6	18.6	12.5	5.6	-3.3	-8.6
14	-12.5	-11.0	-5.2	5.0	13.1	18.8	20.8	18.3	12.4	5.6	-3.4	-8.6
15	-11.8	-10.6	-5.0	5.8	13.8	18.8	20.9	17.7	12.1	5.4	-3.3	-8.3
16	-10.5	-9.7	-4.8	6.0	14.3	18.8	20.6	17.2	11.4	4.8	-2.9	-9.2
17	-10.7	-9.6	-4.8	6.1	14.2	19.1	20.6	17.3	11.3	4.0	-3.4	-8.8
18	-11.1	-9.6	-4.3	6.5	14.5	18.9	20.3	17.1	11.2	3.7	-3.6	-9.4
19	-11.1	-9.8	-3.9	7.1	14.5	18.9	20.0	17.3	11.1	3.7	-3.8	-9.1
20	-10.7	-9.9	-3.6	6.9	14.5	19.1	19.8	17.5	10.5	3.5	-4.0	-9.5
21	-11.2	-10.8	-3.1	7.0	14.6	19.4	20.2	17.6	10.1	3.2	-4.6	-9.7
22	-11.3	-8.8	-2.9	7.4	14.2	19.7	20.8	17.5	9.7	3.3	-5.2	-9.3
23	-10.8	-8.3	-2.7	8.1	14.2	19.5	20.8	17.0	9.8	2.9	-5.3	-10.0
24	-11.4	-8.0	-2.2	8.3	14.9	19.6	21.1	16.8	9.8	2.5	-5.3	-10.1
25	-12.0	-8.3	-1.8	8.6	15.2	19.5	20.5	16.8	9.3	1.7	-6.1	-11.0
26	-11.5	-9.2	-1.6	9.1	14.9	19.8	20.4	16.3	9.4	1.6	-5.1	-10.9
27	-11.1	-9.5	-1.4	9.6	14.9	19.8	20.0	15.8	9.4	2.0	-5.2	-10.4
28	-11.8	-9.1	-0.9	9.6	14.9	20.0	19.5	15.7	9.0	2.0	-5.9	-9.8
29	-12.2	-9.6	-0.6	10.4	14.9	19.9	19.5	16.0	8.8	1.2	-6.2	-9.5
30	-13.0		-0.3	10.6	15.4	20.0	19.5	16.0	8.4	0.3	-6.4	-10.0
31	-13.0		-0.4		15.9		19.7	15.6		0.0		-9.1
Средн.	-11.3	-10.6	-4.5	5.5	13.5	18.4	20.1	17.8	11.9	4.4	-3.3	-8.6
Мин.	-13.0	-13.2	-8.9	0.1	10.6	15.3	19.4	15.6	8.4	0.0	-6.4	-11.0
Макс.	-10.2	-8.0	-0.3	10.6	15.9	20.0	21.1	19.9	16.0	8.3	-0.1	-6.5

Табл. 2

Средняя суточная температура воздуха по дням недели °С, ст. Казань, университет (1944–2003 гг.)

Месяцы	Дни недели						
	пон.	втор.	среда	четв.	пятн.	суб.	воскр.
Январь	-12.0	-11.8	-11.5	-11.2	-11.1	-10.8	-10.9
Апрель	5.4	5.6	5.6	5.5	5.4	5.6	5.6
Июль	20.0	19.8	19.9	20.2	20.4	20.4	20.3
Октябрь	4.3	4.2	4.5	4.4	4.5	4.5	4.4

Табл. 3

Средние значения суточной амплитуды температуры воздуха °С, ст. Казань, университет (1944–2003 гг.)

С	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средн.	6.1	6.7	7.3	8.5	10.5	10.3	9.6	9.3	8.0	5.6	4.5	5.4
Мин.	3.0	3.7	3.7	4.3	5.9	7.4	5.8	6.2	4.7	3.6	2.7	3.1
Макс.	9.1	11.9	9.9	10.6	13.2	12.6	12.4	13.6	11.8	8.2	6.8	9.0
СКО	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.2	1.2	1.5	1.3	0.9	0.9	1.3

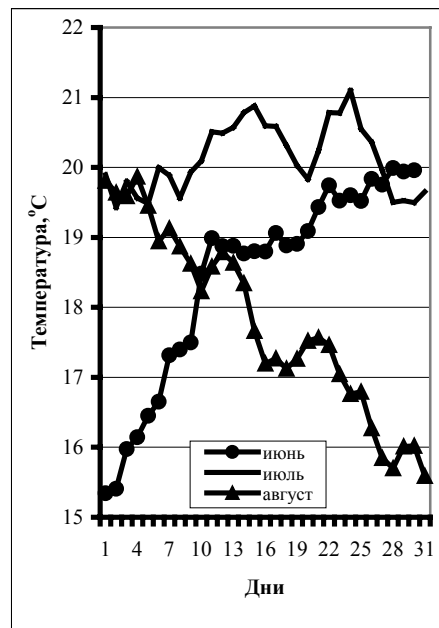
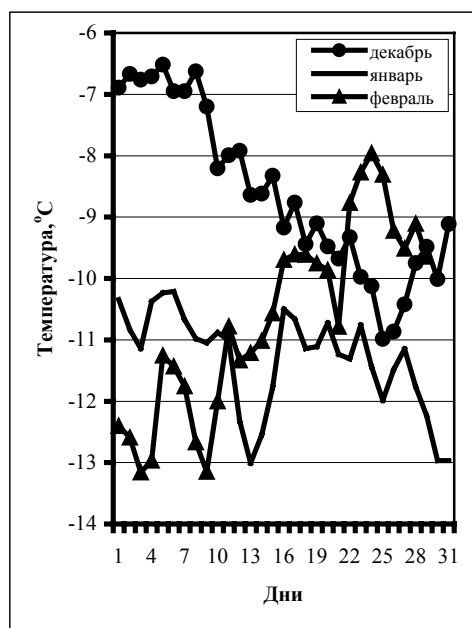


Рис. 2. Средний многолетний ход среднесуточной температуры воздуха на ст. Казань, университет зимой и летом

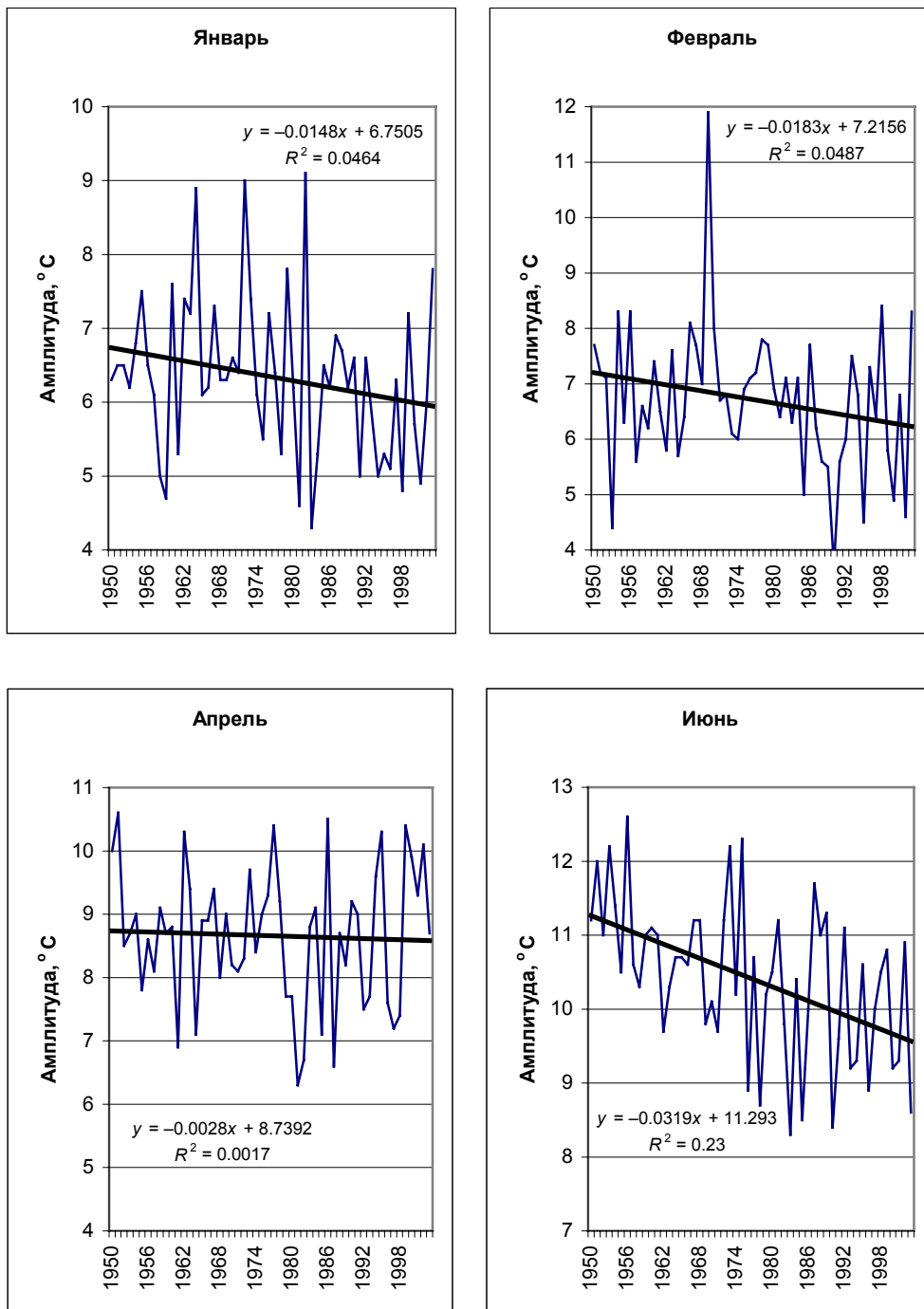


Рис. 3. Среднемесячные значения суточной амплитуды температуры воздуха на ст. Казань, университет.

* * *

В связи с заметными климатическими изменениями в Казани во второй половине XX столетия (переход от периода похолодания к потеплению) практический интерес представляет вопрос о временном смещении дат перехода среднесуточной температуры через 0, 5, 10 и 15°C весной и осенью, а также о динамике продолжительности периодов с температурой выше или ниже определенных пределов. С этой целью анализировались ряды среднесуточных температур в Казани за тот же период (1944–2003 гг.). Определялись наиболее ранние, наиболее поздние и средние даты перехода через реперные температуры по известной методике, согласно которой дата перехода определяется с учетом неустойчивости процесса (табл. 4). Кроме того, построены линейные тренды для каждого ряда, характеризующего либо даты переходов, либо продолжительность соответствующих периодов (табл. 5).

Анализ дат перехода средней суточной температуры воздуха через определенные значения показывает, что весной происходит сдвиг в сторону более ранних дат, за исключением перехода через 15°C.

Осенью переход через температуры 0, 5, 10°C происходит позднее, но переход через 15°C испытывает тенденцию смещения к более ранним датам. Таким образом, следует важный вывод: период с высокими температурами ($\geq 15^\circ\text{C}$) в Казани имеет тенденцию к сокращению. Все это происходит на фоне потепления климата, который в большей степени затрагивает холодный период.

Естественно, что происходит изменение со временем и продолжительности периодов со среднесуточной температурой выше 0, 5, 10°C. Оказалось, что колебания продолжительности периодов выше заданных пределов весьма велики (табл. 6).

Изменчивость продолжительности периодов температуры воздуха больше, чем изменчивость дат перехода. Наиболее устойчивым является период с температурами выше 5°C. Среднее квадратическое отклонение его продолжительности составляет около 11 дней, в то время как СКО продолжительности периода с температурой выше 0°C порядка 15 дней. Данные об изменчивости дат перехода средней суточной температуры через различные пределы представлены в табл. 4. Как видим, они меняются в небольших пределах – от 7.5 дней (переход через 5°C весной) до 11.9 дней (переход через 15°C весной).

Рассчитаны также средние температуры и суммы температур периодов со средней суточной температурой превышающей 0, 5, 10, 15°C соответственно. Результаты расчетов представлены в табл. 7.

Все эти показатели имеют важное значение для оценки агроклиматических условий. Так, даты перехода через 5°C рассматриваются как начало и конец вегетационного периода хладостойких растений, переход через 10°C – как начало и конец активной вегетации для большинства сельскохозяйственных культур, а период с температурами выше 15°C характеризует наиболее теплую часть лета, от продолжительности которой зависит успешное возделывание теплолюбивых растений [3]. Для оценки степени взаимосвязанности между различными характеристиками теплого периода была рассчитана корреляционная матрица. Так как продолжительность теплого периода имеет тенденцию к

Табл. 4

Даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0, 5, 10, 15°C весной и осенью

Дата Перехода	Весна				Осень			
	0	5	10	15	15	10	5	0
Средняя	29.03	16.04	1.05	26.05	2.09	23.09	15.10	3.11
Ранняя	7.03 (1975 г.)	29.03 (1983 г.)	7.04 (1975 г.)	30.04 (1957 г.)	16.08 (1980 г.)	4.09 (1956 г.)	25.09 (1986 г.)	9.10 (1976 г.)
Поздняя	24.04 (1979 г.)	29.04 (1964 г.)	30.05 (1945 г.)	21.06 (2003 г.)	25.09 (1994 г.)	19.10 (1974 г.)	6.11 (1981 г.)	3.12 (1971 г.)
СКО (дни)	9.4	7.5	10.1	11.9	8.9	9.6	9.1	10.6

Табл. 5

Уравнения трендов дат перехода температуры воздуха

Температура, °C	Весна		Осень	
	Уравнения	R^2	Уравнения	R^2
0	$y = -0.1316\tau + 93.564$	0.0593	$y = 0.1014 \tau + 305.67$	0.0280
5	$y = -0.0959\tau + 110.01$	0.0493	$y = 0.1118 \tau + 286.21$	0.0457
10	$y = -0.1982\tau + 128.01$	0.1169	$y = 0.1025 \tau + 264.71$	0.0344
15	$y = 0.1123\tau + 144.01$	0.0271	$y = -0.0337 \tau + 247.89$	0.0044

Табл. 6

Продолжительность периодов с температурой выше 0, 5, 10, 15°C

Характеристика	0	5	10	15	Уравнение тренда
Средняя	219	183	146	99	$y_0 = 0.2328 \tau + 211.97$
Минимальная	180	163	105	68	$y_5 = 0.2136 \tau + 176.05$
Год	1946	1946	1945	1970	
Максимальная	256	208	178	144	$y_{10} = 0.2992 \tau + 136.81$
Год	1974	1983	1991	1957	$y_{15} = -0.1513 \tau + 104.08$
СКО (дни)	14.8	10.6	14.0	14.2	

Табл. 7

Параметры средних температур и сумм температур периодов со средней суточной температурой воздуха, превышающей 0, 5, 10, 15°C

Характеристика	Средняя температура периодов, °C				Сумма температур за период, °C			
	0	5	10	15	0	5	10	15
Средняя	13.0	15.1	17.1	19.0	2842	2756	2481	1892
Минимум	10.6	13.6	15.1	16.3	2481	2399	1885	1326
Максимум	15.0	17.9	19.4	21.5	3372	3257	2987	2814
СКО	0.9	0.9	1.2	1.1	200.2	196.5	218.7	286.6

росту за счет смещения даты перехода через 0°C весной в сторону более раннего, а осенью более позднего времени года, коэффициент корреляции r между продолжительностью теплого периода и датой перехода среднесуточной температуры через 0°C весной составил -0.70 , а осенью $+0.77$. В данном случае знак корреляции имеет вполне объяснимый физический смысл. Связи аналогичного характера получены между продолжительностью периодов с температурой, превышающей $5, 10^{\circ}\text{C}$, и соответствующими датами ее переходов через $5, 10^{\circ}\text{C}$ весной и осенью. Отмечается также высокая корреляционная зависимость между суммами температур и средней температурой соответствующего периода ($r > 0.7$).

* * *

К числу важнейших показателей состояния природной среды относится индекс биологической эффективности климата (БЭК), представляющий собой произведение суммы активных температур $> 10^{\circ}\text{C}$ в сотнях градусов ($0.01\sum T_{>10}$) на коэффициент увлажнения (КУ) [4]:

$$\text{БЭК} = (0.01\sum T_{>10})\text{КУ}. \quad (1)$$

КУ находится как отношение годового количества осадков (P , мм) к годовой испаряемости (E , мм), которую получают суммированием значений испаряемости за каждый месяц года ($E_{\text{мес}}$), рассчитываемых по формуле Н.Н. Иванова:

$$E_{\text{мес}} = 0.0018(25 + t)^2(100 - f), \quad (2)$$

где t – среднемесячная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; f – среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

БЭК синтезирует важнейшие климатические параметры: атмосферные осадки, температуру и относительную влажность воздуха, рассматриваемые в их годовом ходе, а также годовую теплообеспеченность и хорошо выражает общий экологический фон. Зоне экологического оптимума соответствует БЭК порядка 22.

Для расчета БЭК по станции Казань, университет использовались ежедневные значения метеовеличин начиная с 1944 по 2003 г. (рис. 4). Уравнение тренда для БЭК имеет вид:

$$\text{БЭК} = 0.1672\tau + 19.609 \quad (R^2 = 17.36\%). \quad (3)$$

Линейный тренд имеет положительный коэффициент. Этому способствует слабый положительный тренд для суммы температур выше 10°C :

$$y = 2.4494\tau + 2404.4 \quad (R^2 = 3.94\%), \quad (4)$$

а также более заметный рост годовой суммы осадков:

$$y = 3.0053\tau + 463.15 \quad (R^2 = 20.88\%). \quad (5)$$

При этом годовая испаряемость имеет слабо отрицательный тренд:

$$y = -0.1976\tau + 579.44 \quad (R^2 = 0.11\%), \quad (6)$$

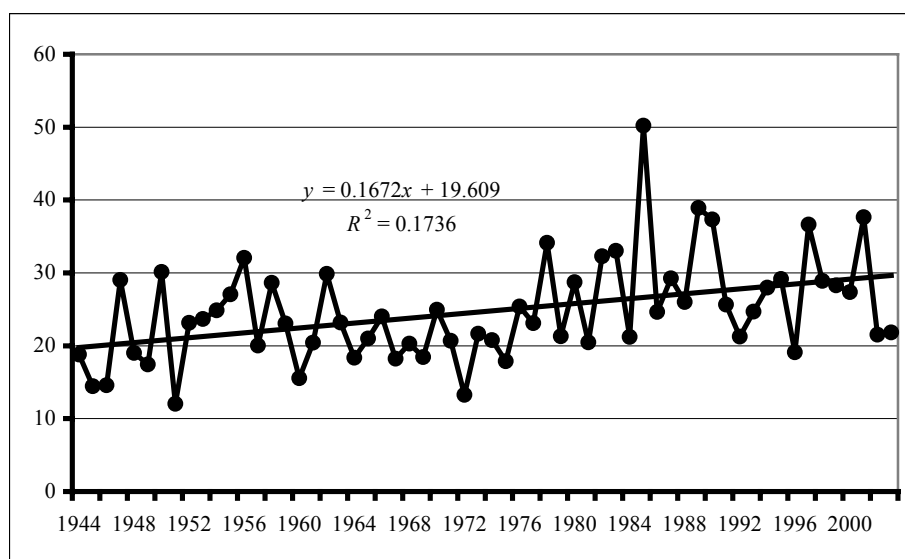


Рис. 4. Многолетний ход индекса биологической эффективности климата в Казани

однако это обстоятельство не повлияло на характер временного изменения величины БЭК.

* * *

Для практических целей в теплый период представляет интерес оценка климатической предрасположенности территории к возникновению лесных пожаров, наносящих значительный ущерб окружающей среде. Пожары возникают в засушливый период под влиянием комплекса антропогенных и природных факторов, к числу последних относятся грозовая активность и определенное сочетание метеорологических параметров, таких как температура и влажность воздуха, осадки и т. д. [5].

Для сравнительной характеристики пожарной опасности вводится ее показатель – критерий пожарной опасности, так называемой индекс горимости, который рассчитывается на основе метеорологических параметров приземного слоя атмосферы. Индекс горимости характеризует пожарную опасность по условиям погоды, которая создается при сухой и жаркой погоде и нарастает с увеличением продолжительности периода с такими погодными условиями [6].

Индекс горимости рассчитывается по формуле В.Г. Нестерова:

$$G = \Sigma(T \cdot d), \quad (7)$$

где G – показатель горимости, T – температура воздуха в полдень, d – дефицит насыщения в полдень. Суммирование производится при положительных значениях температуры за n сухих дней (дни с осадками менее 2.5 мм считаются как дни без осадков).

Для удобства анализа принята следующая шкала горимости леса (табл. 8).

Горимость IV и V классов включена в список особо опасных явлений.

Индекс горимости, рассчитанный по формуле В.Г. Нестерова, медленно растет при отсутствии дождя и резко падает до нуля после дождя, что затруд-

Табл. 8

Классы горимости

Классы горимости	Горимость	Показатель горимости
I	Отсутствует или малая	0–300
II	Средняя	301–1000
III	Высокая	1001–4000
IV	Особо опасная	4001–10000
V	Чрезвычайная	> 10000

Табл. 9

Основные характеристики пожарной опасности за 1999–2005 гг.

Максимальные значения индекса горимости по месяцам								
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	апр.–окт.
1999	3747	3840	6129	5829	1334	1798	1650	6129
2000	3685	2207	4749	12742	1398	3254	392	12742
2001	2783	3445	1737	11995	12704	3347	196	12704
2002	2534	5713	3988	7829	8918	3718	83	7829
2003	1769	5804	868	2118	3692	2440	3584	5804
2004	854	3698	3063	2787	5318			5318
2005	517	4971	4980	4716	7895	1486	2285	7895
Число дней с индексом горимости $G > 300$ по месяцам								
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	апр.–окт.
1999	14	8	28	26	10	13	14	113
2000	16	10	15	23	13	9	9	95
2001	17	11	13	30	19	22	0	112
2002	18	19	21	27	22	11	0	118
2003	14	22	11	17	22	22	10	118
2004	8	23	13	16	24			
2005	6	23	18	17	26	15	18	123
Число дней с индексом горимости $G > 1000$ по месяцам								
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	апр.–окт.
1999	8	4	18	22	1	10	9	72
2000	12	3	10	18	3	8	0	54
2001	10	3	6	27	11	17	0	74
2002	10	17	15	23	18	10	0	93
2003	5	20	0	9	15	15	5	69
2004	0	19	8	7	15			
2005	0	19	9	9	24	5	4	70
Число дней с индексом горимости $G > 4000$ по месяцам								
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	апр.–окт.
1999	0	0	5	7	3	0	0	15
2000	0	0	4	12	0	0	0	16
2001	0	0	0	18	1	0	0	19
2002	0	13	0	11	2	0	0	26
2003	0	7	0	0	0	0	0	7
2004	0	0	0	0	2			
2005	0	5	2	2	16	0	0	25

няет использование среднемесячных значений индекса. Поэтому в качестве обобщенной характеристики индекса горимости за месяц целесообразно использовать максимальное значение G за месяц. Так как индекс горимости является интегральной по времени величиной, то его максимальное за месяц значение отражает как температурно-влажностный режим, так и продолжительность пожароопасной погоды в месяц [7].

По данным станции Казань, университет в период 1999–2005 гг. был вычислен ряд характеристик пожарной опасности (табл. 9).

Как видно из табл. 9, в отдельные годы (2000, 2001) в июле, августе максимальные значения индекса горимости леса попали в разряд чрезвычайных, что явилось следствием сформировавшейся пожароопасной погоды.

Величина G_{\max} изменяется в широких пределах от 83 (октябрь, 2002 г.) до 12742 (июль 2000 г.) Естественно, что пожароопасная обстановка обостряется в мае–августе.

В табл. 9 также приведено распределение числа дней по месяцам с индексом горимости $G > 300$, $G > 1000$ и 4000 в период 1999–2005 гг. Данные свидетельствуют о том, что картина складывается достаточно динамичная. В отдельные годы летом, например в июле 2001 г., число дней с индексом горимости > 1000 (высокая горимость) достигает 27, а с более 4000 (особо важная) – 18 дней.

* * *

Кроме того, для оценки степени увлажнения и засушливости вегетационного периода широкое применение получил индекс Г.Т. Селянинова [8], который вычисляется по формуле:

$$\text{ГТК} = 10 \Sigma \text{ОС} / \Sigma T, \quad (8)$$

где $\Sigma \text{ОС}$ – сумма осадков (мм) и ΣT – сумма среднесуточных температур ($^{\circ}\text{C}$) за период с $T \geq 10^{\circ}\text{C}$.

Показатель ГТК хорошо согласуется с геоботаническими зонами. Так, ГТК 1.3–1.1 соответствует лесной, 1.0–0.8 – лесостепной, 0.8–0.6 – степной, 0.5–0.3 – полупустынной и менее 0.3 – пустынной зонам. Принято считать, что при ГТК < 0.5 очень засушливо; $0.5 < \text{ГТК} < 1.0$ – недостаточно влажно; $1.0 < \text{ГТК} < 2.0$ – достаточное увлажнение; ГТК > 2 – переувлажнение.

Были вычислены суммы активных температур, атмосферных осадков и величины ГТК для вегетационных периодов 1966–2003 гг. Среднее значение сумм температур составило 2519°C , максимальное – 2987°C (1975 г.), минимальное – 2172°C (1978 г.), значение СКО – 196°C . Средняя сумма осадков за вегетационный период составила 267 мм при СКО = 72 мм. В 1978 г. выпало наибольшее количество осадков – 473 мм, а в 2002 г. наименьшее – 136 мм. Величина гидротермического коэффициента изменялась в пределах от 0.6 (1967, 1972, 2002 гг.) до 1.5 (1985 г.) при средних значениях ГТК = 1.1 и СКО = 0.3.



Рис. 5. Климатические характеристики вегетационного периода в Казани (1966–2003 гг.)

Как видно из рис. 5, во всех трех случаях линейный тренд имеет положительный угол наклона, что свидетельствует о наличии тенденции роста рассматриваемых показателей в многолетнем ходе. В то же время наблюдается неоднородность процесса. Так, в период 1976–1991 гг. показатель ГТК заметно превышал значения, рассчитанные для периодов 1966–1975 и 1992–2003 гг. Таким образом, последнее десятилетие XX века – более засушливое, чем предыдущий период, что свидетельствует об усилении пожароопасной обстановки.

* * *

Как известно, климатические изменения оказывают значительное влияние на функционирование энергетики, особенно в странах с суровым климатом. Так, в России на отопление расходуется около 40% используемых энергоресурсов, в том числе половина этих ресурсов приходится на коммунально-бытовой сектор.

Сравнительный анализ производственных показателей региональных энергетических систем и изменений климата на территории РФ за последние 15 лет свидетельствует о том, что природно-обусловленные колебания потребления тепловой энергии по порядку величины не уступают изменениям теплопотребления, вызванным действием социально-экономических факторов [9]. Таким образом, для обеспечения эффективного планирования теплоснабжения города необходимо учитывать изменения климата, которые приводят к изменению характеристик отопительного периода (ОП). Основными параметрами ОП являются продолжительность, средняя температура и дефицит тепла.

Дефицит тепла определяется по формуле:

$$E = P_{\text{оп}}(T_0 - T_{\text{оп}}), \quad (9)$$

где $P_{\text{оп}}$ – продолжительность отопительного периода, под которой понимается холодная часть года между устойчивым переходом среднесуточной температуры воздуха через уровень $+8^\circ\text{C}$ осенью и весной, T_0 – температура воздуха внутри отапливаемых помещений, $^\circ\text{C}$ (по нормативам принимается равной $+18^\circ\text{C}$), $T_{\text{оп}}$ – средняя температура воздуха за ОП.

По данным метеостанции Казань, университет за период 1943–2003 гг. были рассчитаны характеристики ОП. Результаты статистической обработки таковы: средняя продолжительность ОП составила 205 дней, максимальное значение 232 дня (1977–1978 гг.), минимальное 170 дней (1974–1975 гг.), т. е. разница 62 дня. Величина СКО, характеризующая межгодовую изменчивость $P_{\text{оп}}$, составила 16 дней. Как видно из рис. 6, величина $P_{\text{оп}}$ уменьшается со скоростью 18.4 дня/100 лет.

Средняя температура ОП составляет -4.5°C , максимальное значение равно -1.9°C (1989–1990 гг.), а минимальное равно -8.9°C (1968–1969 гг.), $\sigma = 1.5^\circ\text{C}$. Скорость роста температуры ОП в рассматриваемый период составила $2.7^\circ\text{C}/100$ лет.

Средняя величина дефицита тепла (теплопотерь) составила 4601, максимальная величина – 5411 град·сут (1955–1956 гг.), а минимальная – 3629 град·сут (1974–1975 гг.), СКО = 417 град·сут. При этом наблюдается значительная скорость уменьшения величины E согласно линейному тренду: 932 град·сут за 100 лет. Значение коэффициента детерминации составляет 15.3%.

Таким образом, за последние 60 лет в Казани происходило значительное снижение дефицита тепла, что свидетельствует о снижении потребности в тепловой энергии на отопление. Кроме того, наблюдается тенденция уменьшения числа дней ОП с суровыми морозами, когда среднесуточная температура опус-

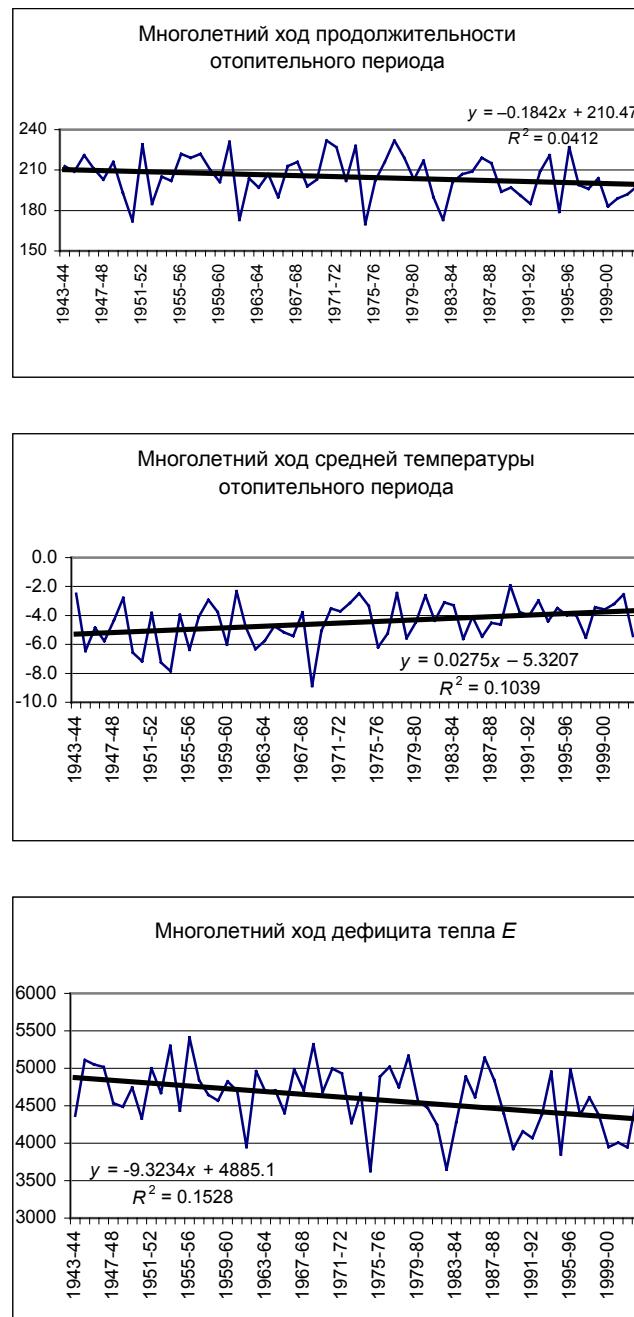


Рис. 6. Динамика характеристик отопительного периода в Казани (1943–2003 гг.)

кается ниже $-20, -25^{\circ}\text{C}$ (рис. 7). Вместе с тем в отдельные годы в зимний период возможны резкие понижения температуры, обусловленные затоком арктического воздуха. Так, в январе–феврале 2006 г. в Казани, как и на большей части России господствовала холодная погода, необычная для последних десятилетий.

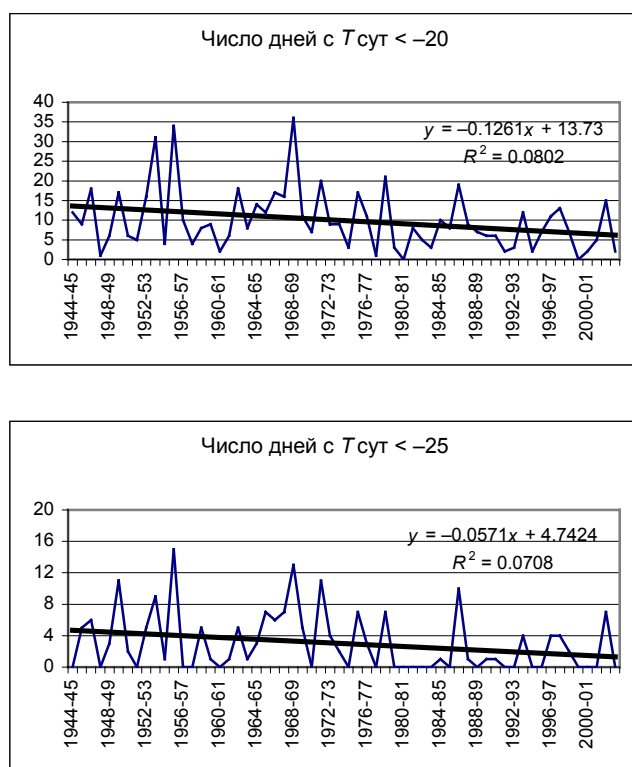


Рис. 7. Число дней со среднесуточными температурами ниже -20 и -25°C за отопительный период (1944–2004 гг.)

Насколько велика зависимость энергопотребления от низких зимних температур наглядно продемонстрировали именно события зимы 2005–2006 гг., когда при устойчивых январских февральских морозах под -30°C РАО ЕЭС с трудом обеспечивало электроэнергией Москву и другие города. Энергосистема работала на пределе своих возможностей.

* * *

Рассматривались также статистические параметры основных характеристик различных температурных периодов по данным ст. Казань, университет и за более длительный период: 1900–2003 гг. Анализировались характеристики следующих периодов: холодного (среднесуточные температуры ниже 0°C), теплого ($\bar{t} \geq 0^\circ\text{C}$), вегетационного ($\bar{t} \geq 5^\circ\text{C}$), невегетационного ($\bar{t} < 5^\circ\text{C}$), отопительного ($\bar{t} < 8^\circ\text{C}$), неотопительного ($\bar{t} > 8^\circ\text{C}$). Начало (конец) периода определялись по дате, после которой в течение 5 дней удерживались соответствующие наступающему (заканчивающемуся) периоду среднесуточные температуры. Холодный период (ХП) в среднем начинается на 309-е сутки года (5 ноября), заканчивается на 90-е сутки (31 марта). Средняя продолжительность составляет 146 дней. При этом наблюдается тенденция более позднего наступления и более раннего завершения холодного периода. Продолжительность холодного периода сокращается со скоростью 18.8 дней/100 лет. В то же время

Табл. 10

Статистические параметры основных характеристик различных температурных периодов на ст. Казань, университет за 1900–2003 гг.

Характеристики	Параметры	Периоды					
		ХП	ТП	ВП	НВП	ОП	НОП
Начало периода (день года)	Среднее	308		108		275	
	КНЛТ	0.042		-0.061		0.001	
	R^2	0.000		0.025		0.000	
Конец периода	Среднее	90		287		115	
	КНЛТ	-0.141		0.052		-0.052	
	R^2	0.137		0.000		0.004	
Продолжительность периода	Среднее	146.4	218.6	178.9	186.2	204.9	160.4
	КНЛТ	-0.188	0.183	0.113	-0.103	-0.041	0.053
	R^2	0.103	0.093	0.032	0.022	0.000	0.000
Средняя температура	Среднее	-8.6	12.9	15.2	-6.3	-5.2	16.3
	КНЛТ	0.014	-0.004	-0.002	0.018	0.020	0.001
	R^2	0.039	0.000	0.000	0.098	0.145	0.000
Число дней с осадками	Среднее	88.9	102.7	80.8	110.9	120.6	71.1
	КНЛТ	0.079	0.076	0.018	0.150	0.192	-0.022
	R^2	0.000	0.000	0.000	0.032	0.054	0.000
Суммы осадков	Среднее	163.5	347.1	291.4	219.2	246.2	264.7
	КНЛТ	1.017	1.081	0.793	1.331	1.530	0.605
	R^2	0.256	0.120	0.064	0.324	0.346	0.041

средние температуры холодного периода испытывают тенденцию к росту со скоростью $1.4^{\circ}\text{C}/100$ лет. За период исследования (104 года) средняя температура ХП составила -8.6°C (табл. 10).

Теплый период (ТП) имеет среднюю продолжительность 219 дней, его средняя температура в XX столетии составила 12.9°C . Наблюдается увеличение его продолжительности со скоростью 18.8 дня/100 лет. Однако температуры ТП обнаруживают слабую тенденцию к падению ($-0.4^{\circ}\text{C}/100$ лет).

Для жизнедеятельности растений важную роль играет продолжительность вегетационного периода (ВП), когда среднесуточные температуры устойчиво превышают 5°C . Оказалось, что средняя продолжительность ВП составила в Казани 179 дней и эта величина испытывает тенденцию к росту со скоростью 11.3 дней/100 лет. При этом средняя температура ВП составила 15.2°C . Однако эта величина имеет слабую тенденцию к понижению со скоростью $\sim -0,2^{\circ}\text{C}/100$ лет, что обусловлено увеличением продолжительности ВП за счет увеличения периода с более низкими температурами. Важно отметить, что в вегетационный период наблюдается тенденция увеличения числа дней с осадками (~ 2 дня/100 лет) при среднем их значении 80.8 дней. Сумма осадков также растет со скоростью 79.3 мм/100 лет. Средняя величина суммы осадков за ВП составляет 291.4 мм.

Естественно, что продолжительность невегетационного периода в XX столетии сокращалась (скорость $- 11.3$ дня/100 лет), температура росла со скоростью $1.8^{\circ}/100$ лет при среднем значении за весь исследуемый период (-6.3°C). Средняя продолжительность этого периода составила 186 дней. Кроме того, отмечается рост осадков со скоростью 32.4 мм/100 лет, среднее значение сум-

мы осадков составило 219.2 мм, а число дней с осадками в среднем – 110.9 (при скорости их увеличения 15 дней/100 лет). Таким образом, в XX и в начале XXI столетия в Казани наблюдалась тенденция к улучшению биоклиматических условий жизнедеятельности флоры, что является положительным фактором.

Важное значение для экономики города, как указывалось, имеет характер отопительного периода (ОП), когда среднесуточная температура воздуха устойчиво держится ниже 8°C. Начинается ОП в Казани в среднем 2 октября (на 275-й день года) и заканчивается 25 апреля (на 115-й день года), т. е. его средняя продолжительность составляет 205 дней. При этом наблюдается тенденция к более позднему наступлению ОП в осенний период со скоростью в 1 день/100 лет и его более заметному сокращению со скоростью 5.2 дня/100 лет в весенний период.

Таким образом, в среднем продолжительность отопительного периода сокращается и эта тенденция составила за исследуемый период ~ 6 суток. Важно также отметить, что имеет место заметно выраженная тенденция к росту температуры ОП со скоростью 2°C/100 лет при средней температуре ОП равной –5.2°C. Безусловно, все это имеет важное экономическое значение для городского хозяйства, так как расходы на отопление по РФ составляют не менее 30–40% общих расходов вырабатываемой тепловой энергии [10]. Заметим при этом, что вышеуказанные авторы по данным за период 1941–2000 гг. получили для Республики Татарстан как субъекта РФ следующие параметры отопительного периода: продолжительность 215 дней, средняя температура –5.6°C, для Ульяновской области, соответственно, 212 дней и –5.0°C. Согласно составленного под руководством Н.В. Кобышевой в ГГО им. А.И. Воейкова климатологического прогноза продолжительности отопительного периода на период 2071–2090 гг. по ансамблю моделей МГЭИК, произойдет его существенное уменьшение до 170–190 дней. При этом выявляется значительная временная неустойчивость продолжительности ОП.

Анализ выполненных расчетов по Казани выявил также рост числа дней с осадками (19.2 дня/100 лет) при среднем значении, равном 120.6 дней, и возрастание суммы выпадающих осадков со скоростью 153 мм/100 лет при среднем значении – 246.2 мм. Естественно, что продолжительность неотопительного периода (НОП) растет (средняя продолжительность – 160.4 дня, скорость – 5.3 дня/100 лет), средняя температура этого периода также растет, правда с небольшой скоростью 0.1°/100 лет при среднем многолетнем значении 16.3°C. Отмечается также рост количества выпадающих осадков (скорость 60.5 мм/100 лет) при их среднемноголетнем значении в 264.7 мм. Однако число дней с осадками испытывает слабую тенденцию к уменьшению (2.2 дня/100 лет) при среднемноголетнем значении 71.1 дней.

Для всех перечисленных выше характеристик были построены линейные тренды (основные параметры которых содержатся в табл. 10) и выделены низкочастотные колебания с продолжительностью периода более 30 лет. Выявилось, что тренды сумм осадков имеют заметный коэффициент наклона линейного тренда (КНЛТ), а сами исходные ряды содержат колебания с $\tau = 50$ лет. Число дней с осадками для различных периодов меняется в меньшем диапазоне, причем максимум приходится на 1980 г. Средняя температура всех перио-

дов также имеет существенный наклон линейного тренда, но колебания хорошо выделяются для ряда температур холодного периода ($\tau = 30$ лет). Интересно отметить, что картина, характеризующая начало холодного и отопительного периодов, более устойчива во времени, чем заключительный этап (конец) этого периода. Здесь происходит заметное смещение к более ранним срокам. При этом выделяются низкочастотные колебания (для начала ХП $\tau = 35$ лет, для ОП $\tau \sim 75$ лет). Таковы общие закономерности, относящиеся к структуре рассмотренных периодов.

Рассмотрим корреляционные взаимосвязи между среднемесячными значениями температуры и атмосферными осадками в центральные месяцы сезонов, рассчитанные для тридцатилетних периодов 1901–2003 гг. Аналогичная работа выполнена для показателей температуры и относительной влажности. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что в конце столетия в январе связь между температурой и относительной влажностью значительно усилилась ($r > 0.6$), в апреле, наоборот, она имела более тесный характер в начале века (коэффициенты корреляции в теплый период отрицательны). В холодный период рост температуры приводит к повышению относительной влажности, а в теплый – наоборот. В июле величина r достигает в отдельных случаях -0.7 , в октябре – в переходный период – связи самые слабые. С осадками температура хорошо коррелирует в июне (отрицательный знак) и в сентябре, особенно в конце XX столетия, когда r достигает -0.67 (табл. 11).

* * *

В качестве меры оценки степени континентальности локального климата нами использовалось среднее квадратическое отклонение колебаний температуры, которое определялось по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{12} (T_i - \bar{T})^2 / 12}, \quad (10)$$

где T_i – среднемесячная температура, \bar{T} – среднегодовая температура. Величина σ однозначно связана с годовой амплитудой колебаний температуры.

Авторы [11] путем статистической обработки данных 125 метеостанций показали, что величина σ однозначно связана с амплитудой колебаний температуры, является мерой увлажненности суши и достаточно надежно связывает тепловой и водный режимы. Уменьшение σ свидетельствует об увеличении увлажненности региона. Кроме того, в период потепления климата увеличение осадков на 1 см ведет к увеличению температуры на 0.15°C .

Нами был рассмотрен ряд температуры воздуха с 1901 по 2003 гг. (103 года). Для каждого года была вычислена величина σ . Оказалось, что среднее значение σ равно 12.3°C , максимальное – 14.9°C (1954 г.), а минимальное – 9.8°C (1990 г.). Тренд – анализ многолетнего ряда величины σ выявил тенденцию падения этого показателя, причем процесс лучше описывается квадратичным трендом, чем линейным, так как в первом случае коэффициент детерминации более значителен, чем во втором. Выявленный факт свидетельствует об ослаблении континентальности климата Казани (рис. 8).

Табл. 11

Коэффициенты взаимной корреляции между температурой воздуха, осадками и относительной влажностью

		Коэффициент корреляции между среднемесячными осадками и температурой															
		январь	февр.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сентяб.	окт.	нояб.	дек.	год			
1901–1930	0.50	0.03	0.36	0.36	-0.52	-0.46	-0.23	-0.30	-0.67	-0.11	0.17	0.23	-0.02	-0.16			
1906–1935	0.43	0.02	0.32	0.32	-0.40	-0.51	-0.19	-0.21	-0.59	-0.24	0.01	0.22	0.04	-0.18			
1911–1940	0.46	-0.01	0.10	0.10	-0.46	-0.42	-0.30	-0.30	-0.59	-0.32	0.07	0.14	0.09	-0.34			
1916–1945	0.31	-0.06	0.12	0.12	-0.50	-0.32	-0.52	-0.31	-0.48	-0.35	0.01	0.22	0.06	-0.43			
1921–1950	0.17	0.11	0.37	0.37	-0.46	-0.35	-0.49	-0.26	-0.50	-0.36	0.01	0.32	0.13	-0.36			
1926–1955	0.24	0.18	0.24	0.24	-0.25	-0.20	-0.50	-0.17	-0.47	-0.39	0.07	0.33	-0.07	-0.53			
1931–1960	0.31	0.30	-0.06	-0.06	-0.12	-0.18	-0.49	-0.24	-0.34	-0.28	0.09	0.22	0.02	-0.46			
1936–1965	0.32	0.30	0.14	0.14	-0.26	-0.21	-0.53	-0.11	-0.40	-0.17	0.04	0.16	0.06	-0.20			
1941–1970	0.21	0.24	0.09	0.09	-0.16	-0.20	-0.50	-0.02	-0.34	-0.02	-0.11	0.18	0.07	-0.11			
1946–1975	0.37	0.26	-0.03	-0.03	-0.10	-0.26	-0.52	-0.15	-0.44	-0.26	-0.14	0.15	0.01	-0.07			
1951–1980	0.41	0.33	-0.02	-0.02	-0.04	-0.37	-0.58	-0.21	-0.41	-0.29	-0.07	0.12	-0.05	-0.19			
1956–1985	0.29	0.26	-0.07	-0.07	-0.36	-0.36	-0.53	-0.38	-0.38	-0.29	-0.18	0.23	-0.02	-0.13			
1961–1990	0.27	0.24	0.02	0.02	-0.23	-0.35	-0.48	-0.14	-0.48	-0.45	-0.04	0.18	0.00	-0.02			
1966–1995	0.25	0.35	-0.03	-0.03	-0.18	-0.38	-0.48	-0.21	-0.46	-0.66	0.09	0.33	-0.03	-0.13			
1971–2000	0.21	0.56	0.27	0.27	-0.24	-0.34	-0.52	-0.15	-0.40	-0.67	0.14	0.24	-0.15	-0.19			
1974–2003	0.00	0.51	0.26	0.26	-0.28	-0.33	-0.48	-0.15	-0.16	-0.64	0.17	0.17	-0.02	-0.22			
		Коэффициент корреляции между среднемесячными относительной влажностью и температурой															
		1901–1930	1906–1935	1911–1940	1916–1945	1921–1950	1926–1955	1931–1960	1936–1965	1941–1970	1946–1975	1951–1980	1956–1985	1961–1990	1966–1995	1971–2000	1974–2003
	0.17	0.15	0.09	0.09	-0.56	-0.43	-0.48	-0.52	-0.81	-0.48	-0.24	0.37	0.44	-0.32			
	0.13	0.21	0.06	0.06	-0.64	-0.36	-0.50	-0.55	-0.76	-0.64	-0.08	0.42	0.38	-0.24			
	0.15	0.21	0.12	0.12	-0.61	-0.28	-0.63	-0.55	-0.77	-0.53	0.05	0.58	0.36	-0.17			
	0.11	0.20	0.07	0.07	-0.67	-0.27	-0.76	-0.63	-0.64	-0.53	-0.03	0.52	0.16	-0.38			
	0.29	0.31	0.16	0.16	-0.49	-0.48	-0.61	-0.70	-0.57	-0.33	0.04	0.20	0.22	-0.22			
	0.26	0.12	0.07	0.07	-0.38	-0.39	-0.41	-0.55	-0.55	-0.36	0.04	0.33	0.32	-0.06			
	0.13	0.05	-0.07	-0.07	-0.35	-0.34	-0.37	-0.67	-0.48	-0.59	0.17	0.41	0.22	-0.30			
	0.20	-0.26	0.15	0.15	-0.33	-0.42	-0.38	-0.64	-0.45	-0.61	0.10	0.39	0.28	-0.30			
	0.31	-0.13	0.12	0.12	-0.28	-0.49	-0.22	-0.51	-0.34	-0.58	0.12	0.46	0.41	-0.13			
	0.35	-0.14	0.07	0.07	-0.40	-0.53	-0.25	-0.53	-0.56	-0.56	0.04	0.46	0.37	-0.27			
	0.34	-0.15	0.21	0.21	-0.42	-0.49	-0.28	-0.42	-0.58	-0.63	-0.03	0.50	0.41	-0.29			
	0.64	0.27	0.44	0.44	-0.37	-0.43	-0.43	-0.56	-0.54	-0.52	-0.01	0.40	0.65	-0.14			
	0.66	0.47	0.61	0.61	-0.39	-0.42	-0.33	-0.41	-0.55	-0.35	-0.07	0.37	0.61	0.11			
	0.69	0.53	0.43	0.43	-0.36	-0.35	-0.23	-0.47	-0.58	-0.31	0.02	0.35	0.54	0.14			
	0.62	0.53	0.37	0.37	-0.33	-0.49	-0.31	-0.48	-0.52	-0.34	0.04	0.33	0.40	0.01			
	0.67	0.47	0.38	0.38	-0.26	-0.42	-0.35	-0.49	-0.13	-0.41	-0.03	0.34	0.41	0.05			

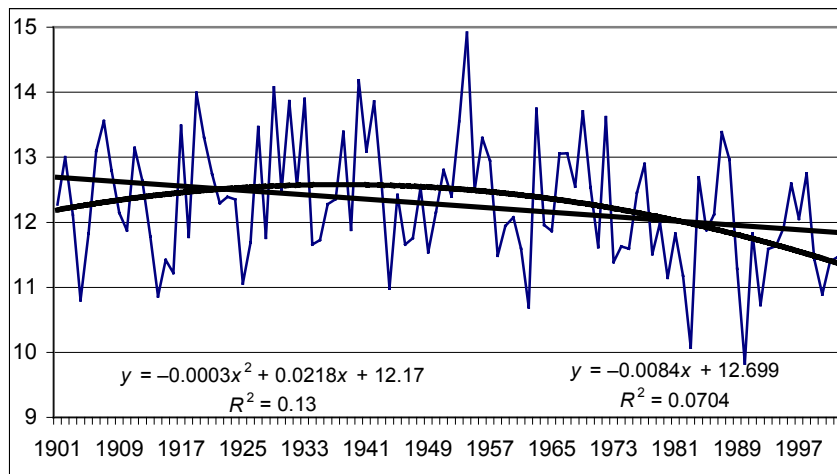


Рис. 8. Многолетний ход параметра континентальности климата (σ) в Казани

Большинство исследователей (Горчинский, Конрад, Ценкер, Хромов и др.) для оценки степени континентальности климата используют так называемые индексы континентальности (K) в виде некоторой функции от годовой амплитуды температуры воздуха (A) и широты места (φ). Проведенные исследования [12, 13] показали, что степень континентальности, близкую к реальной, сравнительно хорошо характеризует разработанный нами более объективный индекс $K = 50(A/A_\varphi)\%$, где A_φ — средняя широтная годовая амплитуда температуры воздуха.

Приведем результаты изучения изменчивости степени континентальности климата в Казани и Елабуге ($\varphi \sim 56^\circ\text{с.ш.}$) по данным о годовых амплитудах температуры воздуха за период 1900–1999 гг. При этом учитывались наибольшие и наименьшие средние месячные температуры в каждом году [14].

Анализ показал, что годовые амплитуды температуры воздуха изменялись от 28 до 45°C , при среднем значении около 35°C и межгодовых колебаниях в пределах 0 – 11.5°C . Среднее квадратическое отклонение при этом составило 3.5°C , коэффициент вариации — 10% . Определенные же по средним многолетним температурам воздуха января и июля годовые амплитуды составили в Казани 32°C , в Елабуге — 33.4°C , а средние многолетние значения предлагаемого нами индекса континентальности, соответственно, 63 и 66% ($A_\varphi = 25.3^\circ\text{C}$) при среднем квадратическом отклонении около 7% и коэффициенте вариации 10% . В качестве сравнения следует указать, что в Лондоне индекс составляет около 30% , в Санкт-Петербурге — 45% , в Москве — 55% , в Иркутске — 80% , в Верхоянске, Якутске и Оймяконе — около 100% .

Закономерной периодичности в колебаниях годовых амплитуд температуры воздуха и индексов континентальности не обнаруживается, хотя в последние 30 лет преобладает тенденция их уменьшения, свидетельствующая о смягчении климата региона на фоне его потепления, особенно в холодный период года. Значения же индекса континентальности в Казани за 100-летний период менялись в пределах от 55 (1983 г.) до 86% (1972 г.).

Summary

Y.P. Perevedentsev, R.Kh. Salakhova, N.V. Ismagilov, E.P. Naumov, K.M. Shantalinsky.
The modern changes of Kazan climate and their applied value.

The changes of various climate parameters in Kazan at XX century, representing practical interest for the organization of job in municipal facilities are considered. The indirect estimation of the natural environment condition with the help of biological efficiency of climate index, hydrothermal factor and burns index during the warm period of year is given. Data on dynamics of the basic characteristics of the heating period and other applied climate parameters are resulted.

Литература

1. *Исаев А.А.* Экологическая климатология. – М.: Научный мир, 2001. – 456 с.
2. Справочник эколого-климатических характеристик г. Москвы. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. – Т. 1. – 302 с.
3. Климат России / Под ред. Н.В. Кобышевой. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 655 с.
4. *Константинова Т.С., Коробов Р.М., Николаенко А.В.* Картографическое моделирование биологической эффективности климата Молдавии // Изв. РАН. Сер. Геогр. – 1999. – № 3. – С. 86–92.
5. *Горев Г.В., Задде Г.О., Кужевская И.В.* Оценка климатической предрасположенности Территории Томской области и возникновение лесных пожаров // Оптика атмосферы и океана. – Томск: ИОА СО РАН, 2004. – Т. 17, № 7. – С. 21–22.
6. *Хандожко Л.А.* Метеорологическое обеспечение народного хозяйства. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 231 с.
7. Летопись погоды, климата и экологии Москвы 2001 / Под ред. А.А. Исаева. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. – 128 с.
8. *Селянинов Г.Т.* Происхождение и динамика засух // Засухи в СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1958. – С. 5–30.
9. *Клименко В.В., Терешин А.Г., Безносова Д.С.* Изменения климата и потребление энергии на Европейской части России // Вестник Моск. энергет. ин-та. – 2003. – № 5. – С. 76–81.
10. *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 гидрология. – 2004. – № 8. – С. 46–52.
11. *Найденов В.И., Швейкина В.И.* Гидрологическая теория глобального потепления Земли // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 12. – С. 63–76.
12. *Наумов Э.П.* Изменчивость степени континентальности климата Татарстана в последнем столетии // Тез. докл. Всерос. науч. конф. «Климат, мониторинг окружающей среды, гидрометеорологическое прогнозирование и обслуживание». – Казань: «УНИПРЕСС», 2000. – С. 44–45.
13. *Наумов Э.П.* К оценке степени континентальности климата // Анализ и прогноз гидрометеорологических элементов. – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1996. – С. 36–40.
14. *Наумов Э.П.* О новом объективном индексе континентальности климата // Тез. докл. Всерос. науч. конф. «Динамика и взаимодействие природных и социальных сфер Земли». – Казань: Татполиграф, 1998. – С. 36–38.

Поступила в редакцию
12.04.06

Переведенцев Юрий Петрович – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой метеорологии, климатологии и экологии Казанского государственного университета.

E-mail: *Yuri.Perevedentsev@ksu.ru*

Салахова Рауиле Халимуловна – кандидат географических наук, зам. директора по научной работе государственного историко-мемориального заповедника «Родина В.И. Ленина», г. Ульяновск.

E-mail: *zapoved@mv.ru*

Исмагилов Наиль Вагизович – кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского государственного университета.

Наумов Эдуард Петрович – кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского государственного университета.

Шанталинский Константин Михайлович – кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского государственного университета.

E-mail: *Konstantin.Shantalinsky@ksu.ru*