

**Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:**

*Костарева Т.В.* Учет влияния метеорологических факторов при разработке схем прогноза загрязнения воздуха в городах Пермского края // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №2(41). С.91–99. doi 10.17072/2079-7877-2017-2-91-99

**Please cite this article in English as:**

*Kostareva T.V.* The influence of meteorological factors on forecasting air pollution in cities and towns of the Perm region // Geographical bulletin. 2017. № 2(41). P. 91–99. doi 10.17072/2079-7877-2017-2-91-99

УДК: 551.584.2

**А.Б. Мустафина**

**ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ  
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ЗА ПЕРИОД 1966–2013 ГГ.\***

*Казанский федеральный университет, г. Казань*

В статье рассмотрен многолетний режим основных климатических показателей – температуры воздуха и атмосферных осадков на территории Республики Татарстан (РТ) в 1966–2013 гг. Средние годовые температуры воздуха на всей территории положительны и колеблются от 3,3 до 4,3°C в период 1966–2013 гг. и от 4,2 до 5,3°C в 2000–2013 гг. С начала нового столетия температура воздуха повысилась. В зимние месяцы наблюдается наибольшая изменчивость средних месячных температур воздуха. В период 1966–2013 гг. наблюдается потепление во всех месяцах, но в 2000–2013 гг. обнаружена отрицательная тенденция изменения температуры воздуха в зимние месяцы. С начала XXI в. отмечается усиление континентальности климата в регионе, так как в результате похолодания зим и повышения летних температур годовая амплитуда колебания температуры воздуха увеличилась. Увеличилась многолетняя годовая сумма осадков: за 1966–2013 гг. сумма осадков составляет 493 мм, за 2000–2013 гг. – 509 мм. Из 48 рассмотренных лет в 13 наблюдалась засушливость в июне, в 12 – в июле и мае. В августе засушливость встречалась всего 5 лет. Климатические условия с начала нового века на территории РТ значительно отличаются от средних многолетних.

**Ключевые слова:** климат, изменение климата, температура воздуха, атмосферные осадки, континентальность климата.

**A.B. Mustafina**

**CHANGES OF THE MAIN CLIMATIC INDICATORS IN THE TERRITORY  
OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN DURING 1966–2013**

*Kazan Federal University, Kazan*

The article considers the long-term mode of the main climatic indices - air temperature and atmospheric precipitation – in the territory of the Republic of Tatarstan in 1966-2013. The average annual air temperatures in all the territory were positive and fluctuated from 3.3 to 4.3 °C during 1966-2013 and from 4.2 to 5.3 °C in the period 2000-2013. Since the beginning of the new century, air temperature has increased. The greatest variability of the average monthly air temperatures was observed in the winter months. During 1966-2013, warming was registered in all months, but in 2000-2013 the negative tendency of the air temperature change in the winter months was detected. Since the beginning of the 21st century, the climate in the region has gained in continentality because as a result of the fall in the winter temperatures and increase in the summer temperatures the annual amplitude of air temperature fluctuations has increased. The long-term annual amount of precipitation increased: during 1966-2013 the amount of precipitation made up 493 mm and during 2000-2013 – 509 mm. Out of the 48 considered years, in 13 years dryness was typical of June, in 12 – of July and May. In August, dryness was only marked in 5 years. Since the beginning of the new century, climatic conditions in the territory of the Republic of Tatarstan have been considerably different from the average long-term ones.

**Keywords:** climate, climate change, air temperature, atmospheric precipitation, continentality of climate.

doi 10.17072/2079-7877-2017-2-99-108

Для современной метеорологии одним из приоритетов является изучение глобальных и региональных изменений климата Земли, причин этих изменений и оценка их рисков для природной среды и социально-экономической сферы [2;13;15; 17].

Цель исследования – изучение изменчивости климата Республики Татарстан за период 1966–2013 гг. на основе основных климатических показателей: температуры приземного воздуха и атмосферных осадков. Работа выполнена с учетом более ранних работ [7–9; 11], где временные ряды анализировались до 2004 г.

### Температура воздуха

Пространственное распределение многолетних средних месячных температур на исследуемой территории в период 1966–2013 гг. таково: средняя январская температура воздуха понижается с запада на восток от  $-11,4$  до  $-13,2$  °С (рис. 1), а июльская – от  $20,0$  до  $18,9$  °С (рис. 2), в период 2000–2013 гг. температура января меняется от  $-9,9$  до  $-11,5$  °С (рис.3), июля – от  $21,3$  до  $19,8$  °С (рис. 4). Средние годовые температуры воздуха на всей территории положительны и колеблются от  $3,3$  до  $4,3$  °С в период 1966–2013 гг. (табл. 1) и от  $4,1$  до  $5,3$  °С за 2000–2013 гг. (табл. 2). Следовательно, в начале XXI в. на территории РТ был теплее, чем во второй половине прошедшего столетия. Для оценки межгодовой изменчивости температуры рассчитывалось среднее квадратическое отклонение (СКО,  $\delta$ ). Наибольшая изменчивость средних месячных температур воздуха наблюдается в зимние месяцы (в период 1966–2013 гг.: январь  $\delta=4,7^\circ$ , февраль  $\delta=4,2^\circ$ , декабрь  $\delta=4,1^\circ$ ). В теплый период  $\delta$  в  $1,5$ – $2,5$  раза меньше, чем в холодный.

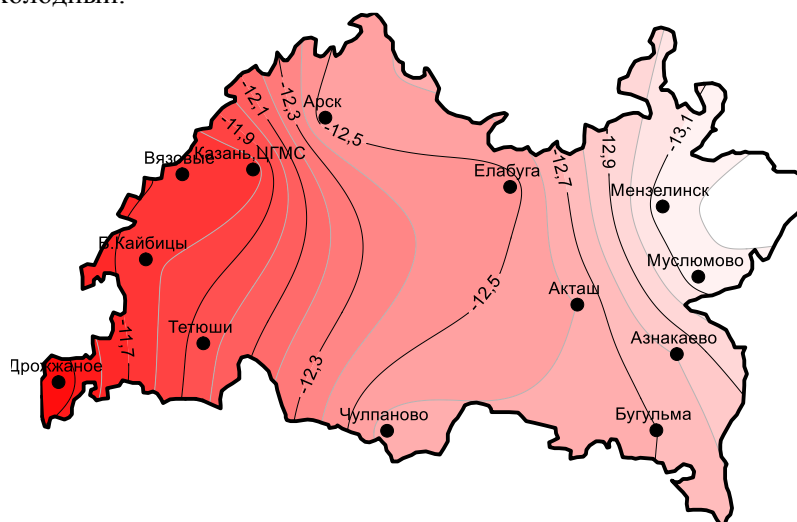


Рис.1. Средняя годовая температура воздуха января (°С) на территории РТ в период 1966–2013 г.

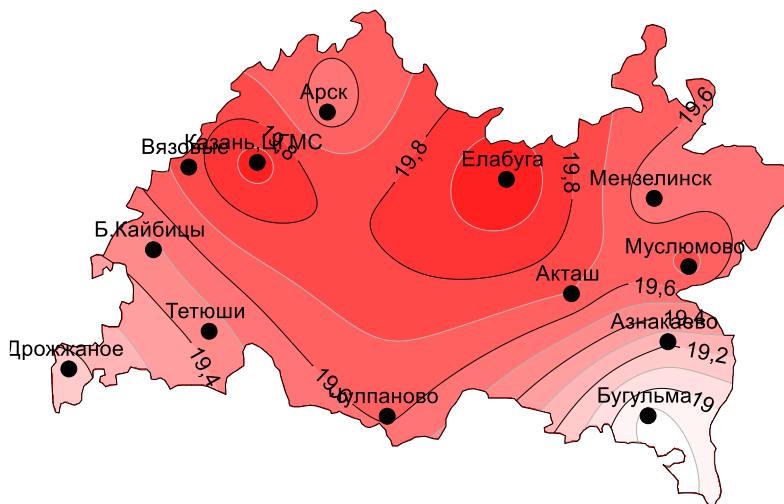


Рис.2. Средняя годовая температура воздуха июля (°С) на территории РТ в период 1966–2013 г.

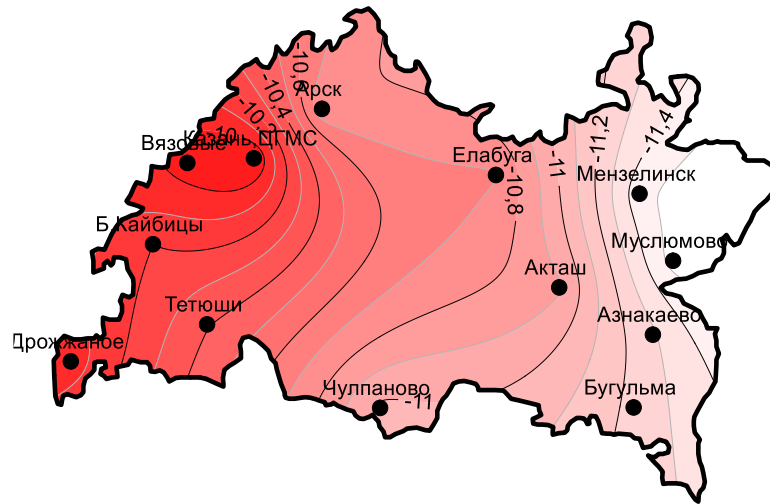


Рис.3. Средняя годовая температура воздуха января (°С) на территории РТ в период 2000–2013 гг.

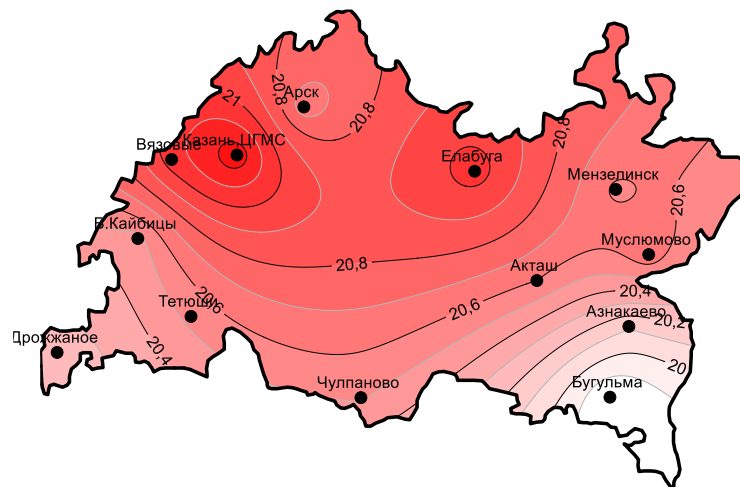


Рис.4. Средняя годовая температура воздуха июля (°С) на территории РТ в период 2000–2013 гг.

Таблица 1

Средняя месячная температура воздуха на территории РТ в период 1966–2013 гг., °С

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средн.
Азнакаево	-12,8	-12,1	-5,1	5,1	13,2	17,5	19,2	16,8	11,0	3,7	-3,7	-10,0	3,6
Акташ	-12,6	-12,0	-4,9	5,7	13,6	17,7	19,7	17,4	11,6	4,1	-3,3	-9,5	4,0
Арск	-12,6	-12,0	-5,2	4,7	12,8	17,3	19,5	17,0	10,9	3,5	-3,8	-9,7	3,5
Большие Кайбицы	-11,8	-11,5	-4,9	5,3	13,3	17,4	19,5	17,3	11,4	4,1	-3,0	-8,9	4,0
Бугульма	-12,7	-12,0	-5,5	4,7	12,8	16,9	18,9	16,7	11,0	3,3	-4,3	-10,2	3,3
Вязовые	-11,7	-11,2	-4,5	5,3	13,2	17,5	19,8	17,5	11,5	4,2	-3,1	-8,9	4,1
Дрожжаное	-11,4	-11,1	-4,8	5,4	13,3	17,2	19,2	17,3	11,4	4,1	-3,1	-8,8	4,0
Елабуга	-12,5	-11,8	-4,6	5,3	13,3	17,9	20,0	17,4	11,5	4,0	-3,3	-9,4	4,0
Казань, ЦГМС	-11,7	-11,1	-4,4	5,4	13,4	17,8	20,0	17,7	11,6	4,3	-3,0	-8,8	4,3
Мензелинск, АМСГ	-13,2	-12,5	-5,5	4,8	12,9	17,5	19,5	17,1	11,2	3,7	-3,9	-10,2	3,4
Муслюмово	-13,2	-12,8	-5,6	5,4	13,4	17,9	19,8	17,3	11,4	4,0	-3,5	-10,0	3,7
Тетюши	-12,0	-11,7	-5,2	5,0	13,3	17,4	19,4	17,5	11,6	4,2	-3,0	-9,0	4,0
Чулпаново	-12,7	-12,3	-5,8	5,4	13,5	17,5	19,6	17,3	11,5	4,2	-3,1	-9,6	3,8
средн.	-12,4	-11,9	-5,1	5,2	13,2	17,5	19,5	17,2	11,3	4,0	-3,4	-9,5	3,8

Таблица 2

Средняя месячная температура воздуха на территории РТ в период 2000–2013 гг., °С

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средн..
Азнакаево	-11,3	-11,9	-4,2	5,8	13,5	17,8	20,1	18,0	11,8	4,8	-2,1	-9,8	4,4
Акташ	-10,9	-11,7	-3,9	6,4	13,9	17,8	20,6	18,3	12,3	5,3	-1,7	-9,2	4,8
Арск	-10,8	-11,5	-4,4	5,4	13,5	17,5	20,6	18,1	11,8	4,7	-2,0	-9,1	4,5
Большие Кайбицы	-10,2	-11,3	-4,2	5,8	13,7	17,4	20,5	18,2	12,2	5,2	-1,3	-8,3	4,8
Бугульма	-11,2	-11,6	-4,8	5,3	13,2	17,0	19,8	17,8	11,8	4,5	-2,7	-9,8	4,1
Вязовые	-10,0	-10,8	-3,9	6,0	13,8	17,7	21,1	18,7	12,5	5,4	-1,3	-8,3	5,1
Дрожжаное	-10,1	-11,1	-4,2	5,8	13,7	17,1	20,2	18,4	12,1	5,1	-1,4	-8,2	4,8
Елабуга	-10,7	-11,4	-3,8	5,9	13,8	18,1	21,1	18,5	12,3	5,3	-1,6	-9,1	4,9
Казань, ЦГМС	-9,9	-10,5	-3,5	6,4	14,1	18,0	21,3	18,9	12,6	5,6	-1,1	-8,1	5,3
Мензелинск, АМСГ	-11,5	-12,3	-4,7	5,3	13,4	17,7	20,6	18,1	12,0	4,9	-2,2	-9,7	4,3
Муслумово	-11,5	-12,6	-4,4	6,0	13,8	18,1	20,7	18,3	12,2	5,1	-1,8	-9,6	4,5
Тетюши	-10,4	-11,5	-4,4	5,7	13,8	17,5	20,5	18,7	12,5	5,5	-1,2	-8,3	4,9
Чулпаново	-11,0	-10,9	-4,9	6,0	13,9	17,7	20,5	18,3	12,1	5,2	-1,4	-9,1	4,7
Средн.	-10,7	-11,5	-4,2	5,8	13,7	17,6	20,6	18,3	12,2	5,1	-1,7	-9,0	4,7

В среднем по РТ температура воздуха в течение года меняется от -12,4 до 19,5°С. В период 2000–2013 гг. температура воздуха в течение года по РТ меняется от -10,7°С до 20,6°С. Сравнение данных табл. 1 и 2 показывает, что температура воздуха в начале нового столетия повысилась.

Результаты многочисленных исследований изменений климата показывают, что для различных широт Северного полушария как для Евразийского, так и для Американского континентов тренды среднегодовых и среднемесячных температур неоднозначны [1; 12; 16].

Таблица 3

Коэффициенты наклона линейного тренда средней месячной температуры воздуха на территории РТ в период 1966–2013 гг., °С/10 лет

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средн.
Азнакаево	1,00	0,40	0,36	0,21	0,16	0,56	0,44	0,38	0,31	0,75	0,25	0,34	0,43
Акташ	1,04	0,45	0,35	0,23	0,24	0,48	0,47	0,36	0,26	0,74	0,19	0,31	0,43
Арск	1,11	0,52	0,36	0,26	0,32	0,50	0,40	0,34	0,38	0,74	0,29	0,46	0,47
Большие Кайбицы	1,06	0,36	0,29	0,15	0,22	0,40	0,33	0,29	0,34	0,68	0,30	0,52	0,41
Бугульма	0,90	0,37	0,24	0,17	0,17	0,47	0,42	0,32	0,28	0,77	0,22	0,29	0,39
Вязовые	1,10	0,38	0,27	0,21	0,22	0,46	0,53	0,34	0,38	0,71	0,29	0,52	0,45
Дрожжаное	0,96	0,22	0,18	0,05	0,08	0,29	0,39	0,26	0,23	0,56	0,18	0,48	0,32
Казань, ЦГМС	1,16	0,54	0,42	0,31	0,27	0,49	0,56	0,33	0,36	0,76	0,35	0,56	0,51
Мензелинск, АМСГ	1,00	0,40	0,27	0,12	0,23	0,53	0,52	0,36	0,32	0,77	0,26	0,42	0,43
Муслумово	0,97	0,42	0,36	0,12	0,20	0,50	0,43	0,32	0,26	0,72	0,26	0,37	0,41
Тетюши	1,01	0,35	0,31	0,20	0,29	0,47	0,48	0,35	0,38	0,72	0,31	0,49	0,45
Чулпаново	0,98	0,97	0,30	0,07	0,14	0,41	0,38	0,24	0,24	0,60	0,19	0,32	0,40
Елабуга	1,06	0,50	0,36	0,17	0,24	0,50	0,48	0,28	0,27	0,76	0,27	0,36	0,44
Средн.	1,03	0,45	0,31	0,17	0,21	0,47	0,45	0,32	0,31	0,71	0,26	0,42	0,43

Характер изменений средних месячных температур воздуха в РТ был рассмотрен с использованием линейного тренд-анализа, что позволило представить тенденцию изменения температуры в виде прямой линии [7]:

## Метеорология

$$t(\tau) = \alpha\tau + t_0, \quad (1)$$

где  $t(\tau)$  – сглаженное значение температуры воздуха на момент времени  $\tau$  (годы),  $\alpha$  – угловой коэффициент (скорость тренда),  $t_0$  – свободный член, равный сглаженному значению температуры на момент  $\tau=0$  (начало периода).

Результаты расчетов приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 4

Коэффициент наклона линейного тренда средней месячной температуры воздуха на территории РТ в период 2000–2013 гг., °C/10 лет

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средн.
Азнакаево	-5,29	-4,80	-2,66	0,56	2,99	2,01	1,15	2,11	0,63	1,01	2,61	1,08	0,12
Акташ	-5,12	-4,89	-2,92	-0,50	2,59	2,47	0,05	1,71	0,33	1,04	2,47	1,55	-0,10
Арск	-4,31	-4,34	-2,42	-0,44	3,17	2,76	0,29	2,58	0,51	1,04	2,49	2,11	0,29
Большие Кайбицы	-4,83	-4,87	-2,42	-0,11	3,33	2,44	0,18	2,33	0,48	1,27	2,24	2,42	0,21
Бугульма	-4,33	-3,72	-2,25	0,74	3,43	2,82	0,63	2,46	0,65	1,26	2,36	0,98	0,42
Вязовые	-4,34	-4,65	-2,40	-0,60	3,06	2,68	0,11	2,18	0,34	1,09	2,18	2,27	0,16
Дрожжаное	-4,35	-4,76	-2,44	-0,29	3,61	2,87	0,46	2,37	0,31	1,16	2,05	2,40	0,28
Елабуга	-4,71	-4,58	-2,47	0,32	3,02	3,04	0,76	2,40	0,56	1,25	2,66	2,02	0,36
Казань, ЦГМС	-4,46	-4,36	-2,34	-0,35	3,30	2,84	0,50	2,51	0,51	1,25	2,29	2,05	0,31
Мензелинск, АМСГ	-4,99	-4,40	-2,77	0,23	2,83	2,98	0,63	2,29	0,42	0,89	2,47	1,52	0,17
Муслимово	-6,18	-5,92	-3,42	0,23	2,38	2,41	0,15	1,87	0,36	0,82	2,50	0,83	-0,33
Тетюши	-4,81	-4,80	-2,36	0,12	3,66	3,07	0,69	2,69	0,63	1,27	2,20	2,22	0,38
Чулпаново	-5,38	0,09	-2,37	0,25	3,32	2,70	0,72	2,25	0,61	0,87	2,16	1,93	0,60
Средн.	-4,85	-4,31	-2,56	0,01	3,13	2,70	0,49	2,29	0,49	1,09	2,36	1,80	0,22

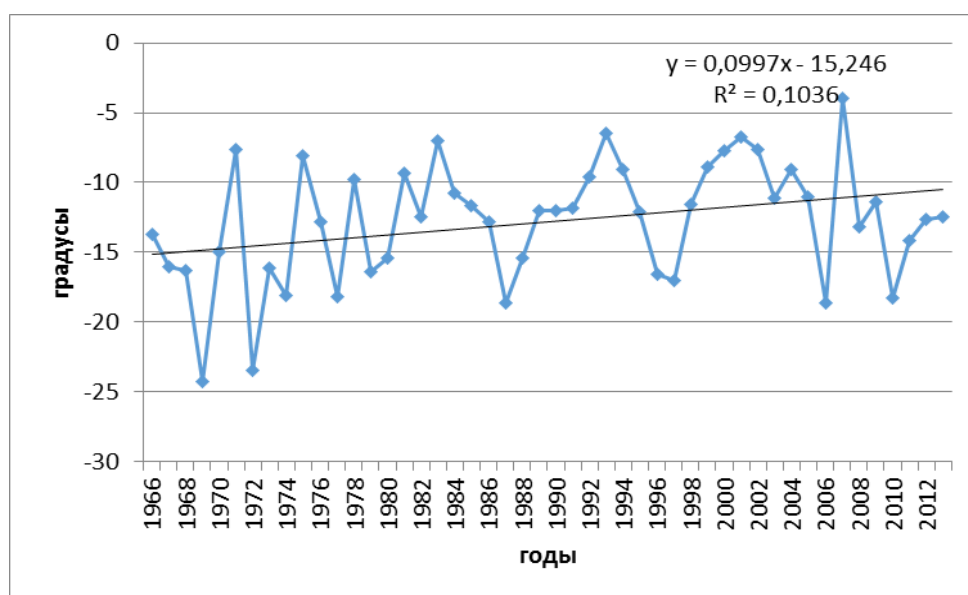


Рис.5. Распределение средней месячной температуры воздуха за январь на ст.Муслимово в период 1966–2013 гг.

В период 1966–2013 гг. отмечается рост температуры во всех месяцах на всех исследуемых станциях (рис.5), наиболее быстрое потепление наблюдалось в январе на ст. Казань, опорная ( $\alpha=1,16^\circ\text{C}/10$  лет), наименьшая скорость потепления была на ст. Дрожжаное в апреле ( $\alpha=0,05^\circ\text{C}/10$  лет). В целом на территории РТ, как и РФ, наблюдается потепление климата в рассматриваемый период.

Для сравнения рассмотрен более короткий период, отнесенный к началу нового столетия (2000–2013 гг.).

Анализ временного ряда показал, что КНЛТ принимает отрицательные значения в период январь–март – наибольшее значение КНЛТ равно  $-6,2^{\circ}\text{C}/10$  лет на ст.Муслимово (рис.6). В остальных месяцах наблюдается положительный тренд от  $0,31$  (сентябрь) до  $3,61^{\circ}\text{C}/10$  лет (май).

Таким образом, сравнение оценок линейных трендов температуры приземного воздуха в периоды 1966–2013 гг. и 2000–2013 гг. показало, что общий уровень трендов и основные сезонные соотношения существенно изменились. Основные результаты сводятся к следующему: в целом для Татарстана среднегодовая скорость изменения температуры уменьшилась от  $0,43^{\circ}/10$  лет до  $0,22^{\circ}\text{C}/10$  лет, стали заметнее межсезонные различия трендов.

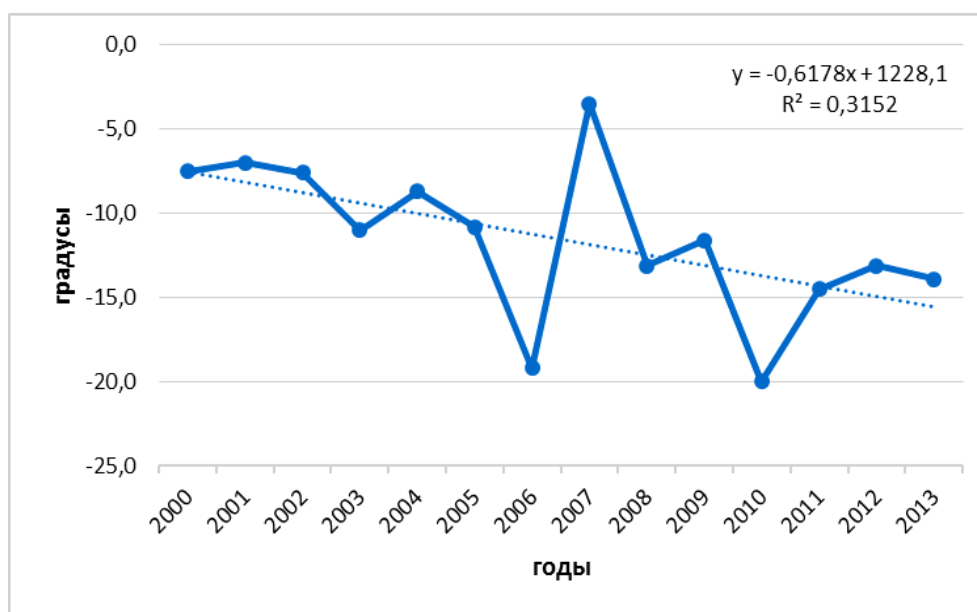


Рис.6. Распределение средней месячной температуры воздуха за январь на ст.Муслимово в период 2000–2013 гг.

Сравнивая результаты, полученные для 1966–2013 гг., с результатами, представленными в [11] (период 1966–2004 гг.), можно отметить следующее: величина КНЛТ для периода 1966–2004 гг. заметно выше, чем в период 1966–2013 гг., например, для января коэффициент меняется по территории РТ от  $1,72$  до  $1,92^{\circ}\text{C}/10$  лет для 1966–2004 гг. и от  $0,90$  до  $1,16^{\circ}\text{C}/10$  лет для 1966–2013 гг. Из работы [11] следует, что май, август и ноябрь характеризуются слабым отрицательным трендом, летний период отличается слабым ростом температуры воздуха. В нашем же случае все месяцы имеют положительную тенденцию изменения температуры. В целом за год КНЛТ меняется от  $0,32$  до  $0,51^{\circ}\text{C}/10$  лет, в [11] – от  $0,18$  до  $0,46^{\circ}\text{C}/10$  лет. Такая заметная разница в скорости изменения средней годовой температуры воздуха объясняется положительным ее трендом во всех месяцах 1966–2013 гг.

В работе [11] отмечается, что потепление на изучаемой территории формируется за счет зимних месяцев. Как уже указывалось выше, в XXI в. прослеживается тенденция похолодания.

Согласно [10], в начале нового столетия наблюдается определенное замедление (пауза) глобального потепления: однако глобальная температура колеблется на уровне достигнутых высоких значений.

В Оценочном докладе [2] отмечается, что причина наблюдаемой «паузы» в повышении приземной температуры может быть связана с перераспределением тепла между верхними и глубокими слоями океана, в котором ключевую роль, по мнению авторов, играет Тихий океан. Современная «пауза» в приземном потеплении не может ощутимо изменить риски существенного потепления на планете к концу столетия.

В работе [14] обращается внимание на 1998 год, который, как точка последнего максимума на кривой глобальной температуры, во многом определил появлению последующих нисходящих тенденций.

Для более детальной оценки пространственно-временной изменчивости температуры воздуха применялся индекс континентальности климата по Горчинскому ( $K_{Г}$ ) [4], который рассчитывается по формуле (2):

## Метеорология

$$K_{\Gamma} = C \frac{A_{\text{лок}} - 12 \sin \varphi}{\sin \varphi}, \quad (2)$$

где  $A_{\text{лок}}$  – локальная годовая амплитуда температуры, выражение  $12 \sin \varphi$  тождественно средней годовой амплитуде температуры над океаном в зоне между 30 и 60° широты ( $\varphi$ ). Коэффициент  $C$  оценивается исходя из предположения, что средняя континентальность над океаном (при  $A_{\text{лок}} = 12 \sin \varphi$ ) равна нулю, а в Верхоянске – 100. После этого формула примет вид

$$K_{\Gamma} = \frac{1,7A_{\text{лок}}}{\sin \varphi} - 20,4. \quad (3)$$

При этом считается, что для резко континентального климата  $K_{\Gamma}$  изменяется от 67 до 100%, для континентального климата – от 34 до 65%, для переходного и морского климата – от 0 до 33% [4].

Континентальность увеличивается на территории РТ с юго-запада на северо-восток. Наибольшее значение индекса наблюдается на ст. Муслюмово и составляет 54,2%, наименее – на ст. Дрожжаное 49,4%. За исследуемый период (1966–2013 гг.) в целом на территории РТ отмечалась отрицательная тенденция значений индекса континентальности, что свидетельствовало об уменьшении степени континентальности (смягчении) климата РТ. Из анализа 2000–2013 гг., видно, что тенденция изменений значений индекса положительная. Установлено, что с начала нового столетия климат становится более континентальным. Следует отметить, в результате похолодания зим и повышения летних температур годовая амплитуда колебания температуры воздуха увеличилась, что привело к повышению континентальности климата в регионе в начале XXI в.

## Атмосферные осадки

Изучение режима многолетних колебаний атмосферных осадков представляет собой одну из важнейших проблем. Атмосферные осадки испытывают значительные пространственные и временные изменения. Изменчивость связана с особенностями атмосферной циркуляции, физико-географическими особенностями и временем года. Эти факторы, действуя в тесной взаимосвязи, определяют особенности распределения осадков в пространстве и во времени как в течение года, так и от года к году [5].

Нами определялись средние многолетние значения количества осадков за исследуемые периоды по месяцам и в целом за год. Отмечается хорошо выраженный годовой ход атмосферных осадков, с минимумами в марте в пределах от 18 до 32 мм и максимумами в июне от 54 до 70 мм для 1966–2013 гг. Для периода 2000–2013 гг. минимум наблюдается в феврале – 18 мм (ст. Дрожжаное), а максимум в июне – 78 мм (ст. Бугульма). В среднем по РТ за весь рассматриваемый период многолетняя годовая сумма осадков составляет 493 мм, в 2000–2013 гг. количество осадков увеличилось до 509 мм. Максимум осадков наблюдается на западе, а минимум на востоке.

Об изменчивости климата, в том числе и осадков, можно судить по частоте повторяемости аномальных периодов увлажнения – избыточно влажных и сухих. Год или период относился к избыточно влажному, если сумма осадков  $Q$  превышала 120% средней многолетней нормы ( $\sum Q \geq 120\%$ ), и к сухому, если сумма осадков составляла 80% и меньше от средней многолетней нормы ( $\sum Q \leq 80\%$ ) [5]. Аномалии осадков рассчитывались по отношению к норме, вычисленной за весь исследуемый период – 1966–2013 гг.

Таблица 5

Число случаев аномальных периодов увлажнения

Станция	Год			Теплый период		
	$\leq 80\%$	81-119%	$\geq 120\%$	$\leq 80\%$	81-119%	$\geq 120\%$
Азнакаево	8	30	10	18	24	6
Акташ	9	29	10	12	26	10
Арск	5	37	6	9	31	8
Большие Кайбицы	8	33	7	13	28	7
Бугульма	9	32	7	10	30	8
Вязовые	6	35	7	10	29	9
Дрожжаное	7	35	6	10	28	10
Казань, ЦГМС	7	34	7	10	30	8
Мензелинск, АМСГ	8	32	8	9	28	11
Муслюмово	9	34	5	10	29	9
Тетюши	7	35	6	11	28	9
Чулпаново	9	33	6	9	27	12

## Метеорология

Как и следовало ожидать, в теплом периоде чаще встречались случаи в пределах нормы, на северо-западе – переувлажненные, на юго-востоке чаще засушливые. Частые и обширные засухи – основная причина рекордной в мировом масштабе межгодовой изменчивости урожаев зерновых культур в России [3].

Для оценки влияния климата на сельское хозяйство и землепользование рассчитывался индекс Педа, который широко используется в метеорологии и определяется по формуле (4) [6]:

$$S_i = \Delta T_i / \delta_T - \Delta Q_i / \delta_Q, \quad (4)$$

где  $S_i$  – индекс Педа,  $\Delta T_i$  – аномалия температуры воздуха,  $\Delta Q_i$  – аномалия количества осадков,  $\delta_T$  и  $\delta_Q$  – среднеквадратические отклонения  $T$  и  $Q$  в пункте  $i$ . Атмосферная засуха формируется при значениях  $S_i \geq 2$ , если  $S_i \leq -2$ , то отмечаются условия с избыточным увлажнением.

Таблица 6

Количество случаев с засухой и с избыточным увлажнением на территории РТ с мая по сентябрь в период 1966–2013 гг.

Станция	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Азнакаево	6/6	7/7	6/5	5/6	6/6
Акташ	7/4	9/5	5/5	5/4	7/6
Арс	6/7	9/7	6/4	5/4	8/7
Большие Кайбицы	6/7	6/6	6/2	4/7	7/5
Бугульма	5/8	8/3	5/6	5/5	5/5
Вязовые	5/4	4/7	7/3	4/4	6/6
Дрожжаное	5/4	5/6	6/3	5/3	6/4
Казань, ЦГМС	6/7	7/5	5/5	5/4	6/5
Тетюши	6/7	6/5	5/4	5/6	7/6
Мензелинск, АМСГ	5/6	7/1	6/6	6/8	8/5
Муслимово	3/9	10/4	4/7	4/4	7/6
Чулпаново	7/9	8/4	6/6	4/4	7/5

Примечание: в числителе - отмеченные случаи с засухой, в знаменателе – с избыточным увлажнением.

На ст. Муслимово, расположенной на востоке, наблюдалось наибольшее число лет с засухой в июне – 10 лет, а наименьшее в мае – 3 года. 9 лет в период 1966–2013 гг. май был с избыточным увлажнением на станциях Муслимово и Чулпаново и лишь 1 год с переувлажнением наблюдался в июне в Мензелинске.

Согласно [6], вероятность наступления явлений с увеличением периода их отсутствия увеличивается. Поэтому в работе рассматривались не только явление с засухой и избыточным увлажнением, а также засушливость (когда  $S_i > 1,5$ ) и увлажненность ( $S_i < -1,5$ ) для того, чтобы расширить ряд случаев. Работа выполнена для 5 месяцев: с мая по сентябрь.

Таблица 7

Количество случаев с засушливой и увлажненной погодой на территории РТ с мая по сентябрь

Станция	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Азнакаево	9/11	10/11	10/12	6/10	10/7
Акташ	12/10	12/9	10/9	7/8	9/7
Арс	9/10	12/10	8/11	10/10	11/8
Большие Кайбицы	10/9	10/10	10/7	7/7	10/12
Бугульма	11/9	12/9	11/10	9/9	11/8
Вязовые	8/8	12/10	8/8	8/9	9/11
Дрожжаное	10/8	12/10	10/9	7/10	9/8
Казань, ЦГМС	7/10	9/11	8/7	9/8	11/9
Тетюши	10/9	10/8	7/7	6/9	8/9
Мензелинск, АМСГ	12/11	10/8	9/8	8/9	10/9
Муслимово	10/11	12/10	10/11	7/6	9/8
Чулпаново	12/11	13/10	10/9	5/6	10/10

Примечание: в числителе отмеченные случаи с засушливостью, в знаменателе – с увлажненностью.

Максимальное число лет с засушливостью отмечалось в июне на ст. Чулпаново – 13 лет. Увлажненность встречалась на год меньше в июле на ст. Азнакаево и сентябре на ст. Б.Кайбицы. В августе всего лишь 5 лет из 48 рассмотренных были засушливыми и 6 лет – увлажненными на ст. Чулпаново.



**Выводы**

1. В период 1966–2013 гг. отмечается повышение температуры во всех месяцах на всех исследуемых станциях. С начала нового столетия в зимние месяцы наблюдается понижение температуры, в остальных месяцах – положительный тренд.

2. С начала XXI в. индекс континентальности на территории РТ увеличивается, климат становится более континентальным.

3. Увеличилась многолетняя годовая сумма осадков. В среднем по РТ за весь рассматриваемый период многолетняя годовая сумма осадков составляет 493 мм, в 2000–2013 гг. годовая сумма осадков увеличилось до 509 мм.

4. Выделены случаи с аномальными периодами увлажнения: в теплом периоде чаще встречаются случаи в пределах нормы, на северо-западе – переувлажненные, на юго-востоке – чаще засушливые. На территории РТ отмечалось большее число лет с засушливостью в июне.

**Библиографический список**

1. *Анисимов О.А., Белолуцкая М.А., Лобанов В.А.* Современные изменения климата в области высоких широт Северного полушария // *Метеорология и гидрология*. 2003. №1. С.18–29.
2. *Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации*. М.: Росгидромет, 2014. 1009 с.
3. *Григорьев Г.Н., Волошенко И.В.* Роль изменения климата в землеустройстве // *Научные ведомости*. Сер. Естественные науки. 2010. Вып.11. № 9(80). С.143–147.
4. *Исаев А.А.* Экологическая климатология. М.: Научный мир, 2001. 456 с.
5. *Литвинова О.С., Гуляева Н.В.* Анализ временных рядов осадков Обь-Иртышского междуречья в XX - начале XXI вв. // *Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата*. Ханты-Мансийск, 2010. №1. С. 38-45
6. *Педь Д.А.* О показателе засухи и избыточного увлажнения // *Тр. Гидрометцентра СССР*. 1975. Вып.156. С.19–38.
7. *Переведенцев Ю.П., Верецагин М.А., Наумов Э.П.* Климат Казани и его изменения в современный период. Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2006. 216 с.
8. *Переведенцев Ю.П., Верецагин М.А., Шанталинский К.М. и др.* Изменения климатических условий и ресурсов Среднего Поволжья. Казань: Центр инновационных технологий, 2011. 296 с.
9. *Переведенцев Ю.П., Верецагин М.А., Шанталинский К.М. и др.* Современные глобальные и региональные изменения окружающей среды и климата. Казань, 1999. 96 с.
10. *Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М.* Изменения приземной температуры воздуха Северного полушария за период 1850–2014 гг. // *Уч. зап. Казан. ун-та*. 2015. Т. 157. Кн.3. С.8–19.
11. *Переведенцев Ю.П., Шерстюков Б.Г., Наумов Э.П. и др.* Климатические условия и ресурсы Республики Татарстан. Казань: Изд-во Казанск. гос. ун-та, 2008. 288 с.
12. *Ранькова Э.Я., Груза Г.В.* Индикаторы изменений климата // *Метеорология и гидрология*. 1998. №1. С.5–17.
13. *Шерстюков Б.Г.* Изменения, изменчивость и колебания климата. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011. 294 с.
14. *Kevin C.*, 2012. HadCRUT4: Analysis and critique. Posted on 13 June 2012. URL: [http://skepticalscience.com/hadcrut4\\_analysis\\_and\\_critique.html](http://skepticalscience.com/hadcrut4_analysis_and_critique.html) (дата обращения: 15.09.2015).
15. *Klimawandel in Sachsen* // *Geschäftsbereich des Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft*. Dresden, 2005. 109 p.
16. *Kukla G., Karl T.R.* Nighttime warming and the greenhouse enffect // *Environ. Sci. Technol.* 1993. V.27. №8. P.1468–1474.
17. *Met Office*, 2015. Our changing climate – the current science. URL: [http://www.metoffice.gov.uk/media/pdf/4/b/Our\\_changing\\_climate\\_the\\_current\\_science.pdf](http://www.metoffice.gov.uk/media/pdf/4/b/Our_changing_climate_the_current_science.pdf) (дата обращения: 15.09.2015).

**References**

1. Anisimov, O. A., Belolutskaia, M. A. and Lobanov V. A. (2003), “Modern climate changes in the field of the high latitude of the Northern hemisphere”, *Russian Meteorology and Hydrology*, no. 1, pp. 18–29.
2. Second estimative report on climate changes and their consequences in the territory of the Russian Federation (2014), Roshydromet, Moscow, Russia.

3. Grigoriev, G. N. and Voloshenko, I. V. (2010), "A climate change role in land management", *Nauchniye vedomosti, Seriya: Estestvennyye nauki*, no. 9 (80), pp. 143–147.
4. Isaev, A.A. (2001), *Ecologicheskaya klimatologiya* [Ecological climatology], Scientific world, Moscow, Russia.
5. Litvinova, O. S. and Gulyaev, N. V. (2010), "Time series analysis of rainfall of the Ob-Irtysk Entre Rios in XX – the beginning of the 21st centuries", *Dynamica okruzhayushchey sredy i globalnye izmeneniya klimata*, no. 1, pp. 38–45.
6. Ped, D. A. (1975), "About an indicator of a drought and excess moistening", *Trudy Hydrometcentra SSSR*, no. 156, pp. 19–38.
7. Perevedentsev, Yu. P., Vereshchagin, M. A. and Naumov, E. P. (2006), *Klimat Kazani i ego izmeneniya v sovremenniy period* [Klimat of Kazan and his change during the modern period], Kazan state university of V. I. Ulyanov-Lenin, Kazan, Russia.
8. Perevedentsev, Yu. P., Vereshchagin, M. A. and Shantalinsky, K. M., etc (2011), *Izmeneniya klimaticheskikh usloviy i resursov Srednego Povolzh'ya* [Changes of climatic conditions and resources of Central Volga area], Center of innovative technologies, Kazan, Russia.
9. Perevedentsev, Yu. P., Vereshchagin, M. A. and Shantalinsky, K. M., etc (1999), *Sovremennyye global'nyye i regional'nyye izmeneniya okruzhayushchey sredy i klimata* [Modern global and regional changes of the environment and climate], Kazan state university of V. I. Ulyanov-Lenin, Kazan, Russia.
10. Perevedentsev, Yu. P. and Shantalinsky, K. M. (2010), "Changes of ground air temperature of the Northern hemisphere for the period 1850-2014", *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta*, vol. 157, no. 3, pp. 8–19.
11. Perevedentsev, Yu. P., Sherstyukov, B. G. and Naumov, E. P., etc (2008), *Klimaticheskiye usloviya i resursy Respubliki Tatarstan* [Climatic conditions and resources of the Republic of Tatarstan], Kazan state university of V. I. Ulyanov-Lenin, Kazan, Russia.
12. Rankova, E. Ya. and Gruza, G.V (1998), "Indicators of climate changes", *Russian Meteorology and Hydrology*, no. 1, pp. 5–17.
13. Sherstyukov, B. G. (2011), *Izmeneniya, izmenchivost' i kolebaniya klimata* [Changes, variability and fluctuations of climate]. Federal State Budgetary Institution VNIIGMI-MTsD, Obninsk, Russia.
14. Kevin, C. (2012), HadCRUT4: Analysis and critique. [Online], Retrieved from: [http://skepticalscience.com/hadcrut4\\_analysis\\_and\\_critique.html](http://skepticalscience.com/hadcrut4_analysis_and_critique.html) (Accessed 15 September 2015).
15. Climate change in Saxony (2005), Business division of the state ministry of environment and agriculture, Dresden, Germany.
16. Kukla, G., Karl T.R. (1993), "Nighttime warming and the greenhouse effect", *Environ. Sci. Technol*, vol.27, no.8, pp.1468–1474.
17. Our changing climate – the current science (2015), Met Office. [Online], Retrieved from: [http://www.metoffice.gov.uk/media/pdf/4/b/Our\\_changing\\_climate\\_-\\_the\\_current\\_science.pdf](http://www.metoffice.gov.uk/media/pdf/4/b/Our_changing_climate_-_the_current_science.pdf), (Accessed 15 September 2015).

Поступила в редакцию: 16.01.2017

#### Сведения об авторе

##### Мустафина Айсылу Биаловна

аспирант кафедры метеорологии,  
климатологии и экологии атмосферы  
Казанского федерального университета;  
Россия, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18;  
e-mail: aisylu.gimranova@yandex.ru

#### About the author

##### Aysylu B. Mustafina

Graduate student of the Department of Meteorology,  
Climatology and Ecology of the Atmosphere, Kazan  
Federal University;  
18, Kremlevskaya st., Kazan, 420008, Russia;  
e-mail: aisylu.gimranova@yandex.ru

#### Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Мустафина А.Б. Изменения основных климатических показателей на территории Республики Татарстан за период 1966–2013 гг. // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №2(41). С. 99–108. doi 10.17072/2079-7877-2017-2-99-108

#### Please cite this article in English as:

Mustafina A.B. Changes of the main climatic indicators in the territory of the Republic of Tatarstan during 1966–2013 // Geographical bulletin. 2017. № 2(41). P. 99–108. doi 10.17072/2079-7877-2017-2-99-108