

УДК 551.582.1(471.43-21)

ХАРАКТЕРИСТИКА БИОКЛИМАТА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

*Ю.П. Переведенцев, Н.В. Исмагилов, Э.П. Наумов,
К.М. Шанталинский, Ф.В. Гоголь, М.В. Исаева*

Аннотация

На основе комплексного учета метеорологических величин дается оценка ряда биоклиматических характеристик на территории Республики Татарстан с целью выявления комфортных и дискомфортных условий проживания человека.

Ключевые слова: климат, изменение климата, метеорологические величины, прикладные показатели климата, биоклиматические характеристики.

В последнее время важное значение придается изучению влияния погоды и климата на состояние человека, его самочувствие и работоспособность. Этой проблеме посвящено достаточно большое количество работ [1–7]. Существуют многочисленные подходы к оценке комфортного состояния человека при воздействии на него комплекса метеорологических показателей. Наиболее часто используется эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ), учитывающая комплексное влияние на человека температуры, влажности воздуха и скорости ветра [2]. Зона комфорта по этому показателю находится в интервале 16.7–20.7 °С. Показано, что изменения ряда физиологических функций организма идут параллельно с изменением ЭЭТ (табл. 1).

Табл. 1

Биоклиматическая классификация тепловой чувствительности по значениям ЭЭТ

Интервал ЭЭТ, °С	Уровень комфорта
Более +30	Тепловая нагрузка сильная
24...30	Тепловая нагрузка умеренная
18...24	Комфортно тепло
12...18	Умеренно тепло
6...12	Прохладно
0...6	Умеренно прохладно
0...–6	Очень прохладно
–6...–12	Умеренно холодно
–12...–18	Холодно
–18...–24	Очень холодно
Менее –24	Угроза обморожения

Расчеты ЭЭТ производились по формуле А. Миссенарда [5]:

$$ET = 37 - \frac{37 - t}{0.68 - 0.0014f + \frac{1}{1.76 + 1.4v^{0.75}}} - 0.29t \left(1 - \frac{f}{100} \right), \quad (1)$$

где ET – ЭЭТ, t – температура воздуха, °С; f – относительная влажность, %; v – скорость ветра, м/с.

Результаты расчетов ЭЭТ по 14 станциям Республики Татарстан (РТ) за период 1966–2004 гг. в климатическом осреднении приведены в табл. 2. Как видно из этой таблицы, эквивалентно-эффективная температура имеет хорошо выраженный годовой ход: в январе наблюдаются наименьшие значения в пределах от -23 °С (Азнакаево) до -29.6 °С (Бугульма), а в июле – наибольшие, которые на территории РТ меняются от 12.6 °С (Бугульма) до 15.2 °С (Муслимово). При этом в холодный период разброс значений ЭЭТ заметно больше, чем в теплый. Среднее квадратическое отклонение ЭЭТ также испытывает годовой ход. В январе σ принимает наибольшее значение по территории РТ и изменяется от 4.4 °С (Дрожжаное) до 5.8 °С (Арск), а в июле наименьшие значения и колеблется от 2.2 °С (Азнакаево) до 2.7 °С (Акташ). Это сглаженная картина, полученная осреднением за 39 лет. Ежемесячные же значения различных лет значительно разнятся друг от друга. Так, по данным станции Казань, опорная, в январе 1969 г. ЭЭТ достигла -36.7 °С, а в январе 2001 г. лишь -14.2 °С. В июле диапазон изменений заметно уже: от 10.0 °С (1968 г.) до 19.0 °С (2002 г.).

Если взять за основу классификации теплоощущения человека критерии, предложенные в [1] и представленные в табл. 1, то «комфортно-тепло» в многолетнем осреднении на территории РТ только в июле.

Производились также расчеты этого показателя по суточным данным ст. Казань, университет, что позволило оценить степень тепловой чувствительности человека для любого месяца. Повторяемость значений, соответствующих различным интервалам ЭЭТ, представлена в табл. 3.

Для оценки степени комфортности также рассчитывалась эффективная температура, которая является характеристикой ощущения степени тепла или холода организмом человека и эмпирической функцией температуры и относительной влажности воздуха. Эффективная температура имеет такое числовое значение, которое имела бы истинная температура неподвижного и насыщенного воздуха, производящего такое же ощущение, что и весь комплекс метеорологических элементов. В России в качестве зоны комфорта принят интервал 13.5 – 18 °С. Расчет эффективной температуры для каждого дня всех месяцев года за период 1966–2004 гг. производился по формуле [4]:

$$ET = t - 0.4(t - 10)(1 - f/100), \quad (2)$$

где f – относительная влажность воздуха; t – температура воздуха, °С.

Полученные результаты осреднялись за 39-летний период и в результате получились климатические нормы эффективной температуры для каждого дня для всех станций РТ. Наименьшие значения отмечались в январе, а наибольшие в июле. Так, среднеянварские ЭЭТ меняются на территории РТ от -11.4 до -9.9 °С, а в июле – от 17.5 до 18.6 °С.

Табл. 2

Средние многолетние значения ЭЭГ (1966–2004 гг.)

Станции	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Чуланово	-28.2	-27.0	-18.6	-4.0	6.0	11.4	14.1	11.2	3.7	-6.6	-16.7	-24.7	-6.2
Бугульма	-29.6	-27.8	-18.9	-5.7	4.5	9.9	12.6	9.6	2.3	-8.9	-19.2	-26.4	-7.6
Дрожжаное	-27.8	-26.0	-17.6	-4.4	5.2	10.4	12.9	10.2	2.7	-7.7	-17.6	-25.1	-6.6
Тегюши	-28.9	-27.2	-18.4	-5.2	5.0	10.6	13.4	10.6	3.1	-7.6	-18.0	-25.8	-6.8
Азнакаево	-23.0	-21.3	-13.4	-1.9	6.7	12.0	14.3	11.5	4.8	-5.1	-14.1	-20.1	-3.9
Акташ	-26.4	-24.3	-15.7	-2.8	6.1	11.7	14.3	11.2	4.1	-6.1	-15.6	-22.4	-5.1
Мусломово	-24.2	-22.5	-14.4	-2.0	6.9	12.6	15.2	12.2	5.2	-4.7	-13.9	-20.9	-3.9
Б. Кайбицы	-27.0	-25.3	-16.8	-4.0	5.4	11.0	13.7	10.7	3.2	-7.2	-16.8	-23.9	-6.0
Лаишево	-25.9	-23.8	-15.5	-3.5	6.0	11.5	14.3	11.4	4.2	-5.9	-15.6	-22.7	-5.0
Мензелинск	-29.0	-27.0	-17.9	-4.7	4.9	11.0	13.8	10.6	3.1	-7.8	-18.1	-25.3	-6.7
Вязовые	-27.6	-25.5	-16.6	-4.2	5.0	10.6	13.7	10.6	2.9	-7.3	-17.1	-24.4	-6.2
Кзн. Универ	-23.0	-21.4	-13.4	-1.3	7.4	12.7	15.4	12.7	5.5	-4.0	-13.4	-20.0	-3.2
Кзн. ЦГМС	-25.1	-23.2	-14.4	-2.8	6.6	11.9	14.6	11.7	4.5	-5.4	-15.1	-22.1	-4.4
Арск	-27.0	-24.7	-16.0	-4.0	5.2	10.9	13.7	10.6	3.2	-6.9	-16.6	-23.3	-5.8

Табл. 3

Повторяемость (%) различных значений ЭЭТ в центральные месяцы сезонов в Казани за период 2001–2006 гг.

Интервал ЭЭТ, °С	I	IV	VII	X
18...24			43	
12...18		4	39	
6...12		11	14	10
0...6		35	4	26
0...–6	1	30		41
–6...–12	17	13		16
–12...–18	33	6		7
–18...–24	22	1		
Менее –24	27			

Кроме того, находилось распределение числа дней с комфортной погодой по месяцам. Естественно, что эти дни приходятся в основной своей массе на теплый период года: май – сентябрь, причем в июне, июле, августе их число колеблется от 11 до 14 в каждом из месяцев, а в течение года, согласно данным табл. 6, колеблется от 52 (Акташ) до 60 (Чулпаново).

Для биоклиматической оценки холодного периода также существуют методы оценки суровости погоды. Как отмечено в работе [6], тепловое состояние человека в холодный период года в основном определяется низкой температурой воздуха и скоростью ветра, которые влияют и на охлаждение незащищенных частей тела, и на органы дыхания. В приморских районах дополнительную холодовую нагрузку может вызывать относительная влажность воздуха.

Для этих целей наиболее часто используется метод Бодмана, который позволяет определять в баллах степень суровости погоды по формуле:

$$S = (1 - 0.04t)(1 + 0.27v), \quad (3)$$

где S – индекс суровости, баллы, t – температура воздуха, °С, v – скорость ветра, м/с.

Согласно шкале Бодмана, при $S < 1$ зима несуровая, мягкая; 1–2 – зима малосуровая; 2–3 – умеренно суровая; 3–4 – суровая; 5–6 – жестко суровая; 6 – крайне суровая.

Расчеты значений индексов суровости погоды Бодмана, выполненные по среднемесячным данным станций РТ за период 1966–2004 гг., показывают, что в период ноябрь – март формируются умеренно-суровые условия погоды. Индекс S достигает максимального значения в январе в Бугульме (3.2) и сравнительно равномерно распределяется по территории. Изменчивость σ индекса S в январе меняется от 0.3 до 0.5 (чаще всего встречается значения 0.4), а в ноябре и марте она принимает значения 0.2–0.3, что свидетельствует о небольших изменениях относительно «нормы».

Рассчитывались также ежедневные значения индекса суровости погоды по Бодману для месяцев с октября по апрель для каждой из станций на территории РТ за тот же период. Многолетние среднемесячные значения в январе (максимальные значения) меняются в пределах от 2.0 (Азнакаево) до 2.5 (Бугульма). В табл. 4 представлено распределение числа дней в году с малосуровой,

Табл. 4

Число дней с комфортной (по ЕТ) и суровой (по Бодману) погодой за год

Станция	Комфортная погода по ЕТ	Мало суровая погода	Умеренно су- ровая погода	Суровая погода
Азнакаево	57	103	38	1
Акташ	52	67	52	4
Арск	55	82	60	6
Бугульма	59	55	82	17
Вязовые	57	61	68	14
Дрожжаное	59	56	72	15
Елабуга	47	83	40	4
Казань, оп.	54	82	52	4
Кайбицы	59	64	63	12
Лаишево	56	78	56	4
Мензелинск	58	62	70	14
Муслимово	57	97	43	2
Тетюши	59	52	77	16
Чистополь	41	40	54	11
Чулпаново	60	59	71	10
Казань, ун-т	25	47	21	0

с умеренно суровой и суровой погодой. Естественно, что преобладают первые два типа погоды, а суровые условия формируются лишь в зимние месяцы.

С целью оценки тенденций изменения биоклиматических показателей во времени рассчитывались коэффициенты наклона линейного тренда (КНЛТ) и коэффициенты его детерминации R2. Оказалось, что они достаточно однородно распределяются по территории РТ. Так, в январе величина КНЛТ ЭЭТ изменяется от 0.21 (Тетюши) до 0.35 °С/год (Арск), то есть повсеместно растет с высокой степенью достоверности (R2 достигает в ряде случаев 0.47), что свидетельствует об улучшении биоклиматических условий зимой. Заметим, что КНЛТ, рассчитанные для индекса Бодмана, наоборот, имеют отрицательный знак (хотя его значения невелики), что также подтверждает вышеизложенное заключение о смягчении суровости климата на территории РТ.

В теплый период значения КНЛТ для ЭЭТ значительно меньше (0.07–0.12 °С/год) что, с одной стороны, отражает более стабильные условия летнего периода, а с другой – свидетельствует о слабом потеплении климата и в этом периоде года.

Для оценки степени раздражающего действия изменений погоды на организм используется индекс патогенности метеорологической ситуации I, предложенный В.Г. Бокшей [2]. Этот индекс представляет собой сумму индексов патогенности разных метеорологических величин:

$$I = I_t + I_h + I_v + I_n + I_{\Delta p} + I_{\Delta t}, \quad (4)$$

где I_t – индекс патогенности температуры воздуха, $I_t = 0.02(18 - t)^2$ при $t \leq 18$ °С и $I_t = 0.02(t - 18)^2$ при $t > 18$ °С; t – среднесуточная температура, °С; $I_{\Delta t}$ – патогенность межсуточного изменения температуры Δt ; I_h – индекс патогенности влажности воздуха, h – среднесуточная относительная влажность, %; I_v – ин-

декс патогенности ветра; v – среднесуточная скорость ветра, м/с; I_n – индекс патогенности продолжительности солнечного сияния; $n = 10 - 10 S_\phi / S_{\max}$; S_ϕ и S_{\max} – максимально возможная и фактическая продолжительность солнечного сияния по гелиографу соответственно; $I_{\Delta p}$ – индекс патогенности межсуточного изменения атмосферного давления Δp .

В.Г. Бокша предложил следующую рабочую формулу для расчета индекса патогенности метеорологической ситуации (баллы) [2]:

$$I = 10^{\frac{h-70}{20}} + 0.2v^2 + 0.06n^2 + 0.06(\Delta p)^2 + 0.3(\Delta t)^2 + I_t, \quad (5)$$

В работе [1] предлагается следующая классификация индекса патогенности метеорологической ситуации:

Индекс I	0–9.9	10–16	16.1–18	18.1–24	> 24
Условия погоды	Оптимальные (комфортные)	Слабо раздражающие	Умеренно раздражающие	Сильно раздражающие	Острые

Как отмечено в работе [4], годовой ход индекса патогенности показывает, что наибольший «раздражающий» эффект погоды отмечается в зимние месяцы. Согласно исследованию Е.Г. Головиной и В.И. Русанова [3], более резкие значения индекса I сочетаются с неблагоприятными сдвигами параметров геофизиологии организма (артериального давления, ударного и минутного объема сердца) более низкими средними значениями проницаемости электрических мембран крови и др.

По ежедневным метеорологическим и актинометрическим данным ст. Казань, университет за период 2001–2006 гг. производились расчеты индекса патогенности по формуле (5), результаты которых обобщены в табл. 5 согласно классификации Бокши – Андреева. Как видно, наиболее комфортные условия в Казани отмечаются в летнее время, а сильно раздражающие и острые возникают в холодный период времени года.

Табл. 5

Повторяемость индекса патогенности (%) по градациям за 2001–2006 гг. по данным ст. Казань, университет

Месяц	Градация I				
	0–9.9	10–16	16.1–18	18.1–24	> 24
Январь	0	0	0	7.5	92.5
Февраль	0	1.8	0.6	18.5	79.2
Март	3.8	21.5	5.9	22.6	46.2
Апрель	54.4	22.2	4.4	8.3	10.6
Май	64.5	18.3	3.2	8.1	5.9
Июнь	76.1	14.4	0.6	4.4	4.4
Июль	83.9	12.4	0.0	1.1	2.7
Август	79.0	15.1	2.2	2.2	1.6
Сентябрь	58.2	20.6	6.1	8.5	7.3
Октябрь	20.0	28.4	5.2	20.6	25.8
Ноябрь	3.2	5.1	3.2	13.9	74.7
Декабрь	0	0.5	0	9.1	89.1

Табл. 6

Годовой ход индекса патогенности за период 2001–2006 гг.

Месяцы											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
38.6	34.4	24.4	11.8	9.5	7.8	6.3	6.9	10.5	18.6	30.3	38.9

Суточные значения индекса патогенности I в Казани меняются в широком диапазоне от 200 (декабрь, 2002 г.) до 1.0 (май, 2004 г.).

Суммарный метеорологический индекс патогенности указывает не на характер изменения погоды, а лишь на степень ее раздражающего воздействия на организм. В зависимости от величины I условия оцениваются как оптимальные при $I = 0 - 9$, раздражающие при $I = 10 - 24$ и острые при $I > 24$.

Годовой ход индекса патогенности погоды показывает, что наибольший «раздражающий» эффект погоды отмечается в зимние месяцы (табл. 6).

Оптимальные же значения метеорологических величин в умеренных широтах, при которых возникает минимум метеопатических реакций, следующие: температура 18 °С (летом), относительная влажность 80%, скорость ветра 0 м/с, облачность 0 баллов, изменчивость давления 0 мб/сут, изменчивость температуры 0 °С/сут.

Summary

Yu.P. Perevedentsev, N.V. Ismagilov, E.P. Naumov, K.M. Shantalinsky, F.V. Gogol, M.V. Isaeva. Bioclimatic Characteristics of Tatarstan Republic.

The article presents estimations of some bioclimatic characteristics of Tatarstan Republic territory. The research aims at revealing comfortable and uncomfortable conditions for human residing. Complex consideration of meteorological data serves as a basis for investigation.

Key words: climate, climatic change, meteorological data, applied climatic indicators, bioclimatic characteristics.

Литература

1. Андреев С.С. Человек и окружающая среда. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ АПСН, 2005. – 271 с.
2. Бокша В.Г., Богуцкий Б.В. Медицинская климатология и климатотерапия. – Киев: Здоровье, 1980. – 262 с.
3. Головина Е.Г., Русанов В.И. Некоторые вопросы биометеорологии. – СПб.: Изд-во РГГМИ, 1993. – 90 с.
4. Исаев А.А. Экологическая климатология. – М.: Науч. мир, 2001. – 458 с.
5. Новикова Н.Н., Головина Е.Г. Оценка уровня комфортности атмосферы г. Москвы // Гидродинамические методы прогноза погоды и исследования климата. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – С. 266–271.
6. Романова Е.Н., Гобарова Е.О., Жильцова Е.Л. Методы использования систематизированной климатической и микроклиматической информации при развитии и совершенствовании градостроительных концепций. – СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – 159 с.

7. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / Под ред. Н.В. Кобышевой, К.Ш. Хайруллина. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 319 с.

Поступила в редакцию
22.06.07

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

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

Гоголь Феликс Витальевич – ассистент кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского государственного университета.

E-mail: *Felix.Gogol@ksu.ru*

Исаева Марина Валериевна – ассистент кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского государственного университета.

E-mail: *IMarina.Isaeva@ksu.ru*