

### СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Ю. П. Переведенцев, Н. В. Исмагилов, Б. Г. Шерстюков, Э. П. Наумов,  
К. М. Шанталинский, Ф. В. Гоголь

*Казанский государственный университет, Россия*

*Поступила в редакцию 25 января 2008 г.*

**Аннотация:** В статье рассматривается режим температуры воздуха и атмосферных осадков на территории Республики Татарстан за последние десятилетия, где установлена значимая тенденция потепления климата, особенно в холодный период года. На основе комплексного учета метеорологических величин дана оценка ряда биоклиматических характеристик с целью выявления комфортных и дискомфортных условий проживания человека.

**Ключевые слова:** изменение климата, температура воздуха, атмосферные осадки, комфорт метеорологических величин.

**Abstract:** The article describes the mode of air temperature and atmospheric precipitation in the Tatarstan Republic in the last decades. The research reveals the significant tendency of climate warming, especially during the cold period of year. It aims at revealing comfortable and uncomfortable housing conditions. On the basis of the complex account of meteorological elements the estimation of some bioclimatic characteristics in the Tatarstan Republic is given.

**Key words:** climate change, air temperature, atmospheric precipitation, comfort of meteorological elements.

В настоящее время отмечается возрастание интереса к проблеме беспрецедентного изменения глобального климата за последние десятилетия. Устойчивое повышение средней глобальной температуры находит свой заметный отклик как в поведении всех геосфер в целом, так и на региональном уровне. Новейшие достижения в области климатологии обсуждались на Всемирной конференции по изменению климата [3] и нашли свое обобщение в последнем докладе МГЭИК [12]. Отметим, что МГЭИК придерживается антропогенной ориентации в объяснении причины столь интенсивного изменения климата в XX-XXI столетиях, при этом даются оценки последствий изменения климата для производственной и социальной сфер.

В более ранних публикациях «Климат Татарской АССР», «Климат и загрязнение атмосферы в Татарстане» был дан анализ материалов до 1978-1985 гг. [6, 7].

Нами рассчитаны следующие статистические показатели климата: средние значения (нормы), средние квадратические отклонения ( $\sigma$ ), коэффициенты вариации, асимметрии, эксцесса, наклона линейного тренда (КНЛТ) и его вклада в общую дисперсию (коэффициент детерминации), низкочастотные колебания (НЧК) температуры и осадков. Наряду со средними величинами рассмотрены экстремальные значения.

#### 1. Температура воздуха

Анализ средних многолетних (1966-2004 гг) месячных температур показывает, что средняя январская температура воздуха на территории Республики Татарстан (РТ) понижается с запада на восток от  $-11,5$  до  $-12,9^\circ\text{C}$ , а июльская – от  $19,9$  до  $18,8^\circ\text{C}$ , что объясняется наличием на востоке Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Естественно, в холодный период контрасты более выражены. Значения  $\sigma_{\text{мес}}$  изменяются в январе в пределах  $4-4,5$ , в июле  $1,8-2,0^\circ\text{C}$ .

Изучение хода кривых НЧК (с периодом колебания более 20 лет) нормированных аномалий

---

© Переведенцев Ю.П., Исмагилов Н.В., Шерстюков Б.Г., Наумов Э.П., Шанталинский К.М., Гоголь Ф.В., 2008

средней зимней температуры за период 1955-2005 гг. показывает их однородный характер по всей территории Республики (рис. 1). На западных станциях, начиная с 1969 г., происходит нарастание тенденции перехода от отрицательных нормированных аномалий (-0,6) к положительным, который завершается в 1980 г. К 2005 г. этот показатель достигает + 0,8° С. На востоке РТ, а также на юго-западе (Кайбицы, Дрожжаное, Тетюши) наблюдается аналогичная картина, но процесс подъема кривой начинается с запаздыванием на 1 год.

В летний период также происходит процесс перехода кривой НЧК температуры из отрицательной области в положительную, на западе с запаздыванием на 5 лет в 1985 г., а на востоке в период 1980-1985 гг. Кроме того, в западной части РТ отрицательные аномалии наиболее значительны по величине в 1955 г., а не в 1969 г. как в зимний период.

Рассчитывались также средние значения температуры самого холодного (1966-1975 гг.) и самого теплого (1995-2004 гг.) десятилетий (декад) и определялись разности между их значениями и климатической нормой, вычисленной за период 1966-2004 гг.

Выявлено, что в самую холодную декаду наибольшие отрицательные аномалии отмечаются в январе, варьируя по территории в пределах от -2,8 до -3,2° С, а в самую теплую – максимальное потепление отмечалось в феврале, когда аномалии колебались от 2,0 до 2,5° С. При этом, выделялся апрель со своей положительной аномалией как в холодную, так и теплую декады. Распределение аномалий температуры по месяцам показывает, что в теплую декаду повсеместно устанавливались положительные аномалии, кроме мая и декабря. В холодную же декаду отрицательные аномалии особенно были велики зимой, а в ряде месяцев (апрель, май, сентябрь, ноябрь) происходила смена знака.

В зимний период, а также в марте, июне, июле, сентябре и октябре КНЛТ температуры воздуха были положительными и менялись в январе-феврале по территории в пределах 0,17-0,19° С/год, в июле 0,03-0,05° С/год.

Показателем временной изменчивости средней суточной температуры воздуха служит  $\sigma_{сут}$ . Эта величина имеет хорошо выраженный годовой ход и изменяется по территории РТ в январе в пределах от 7,2 (Бугульма) до 8,5° С (Муслимово), а в

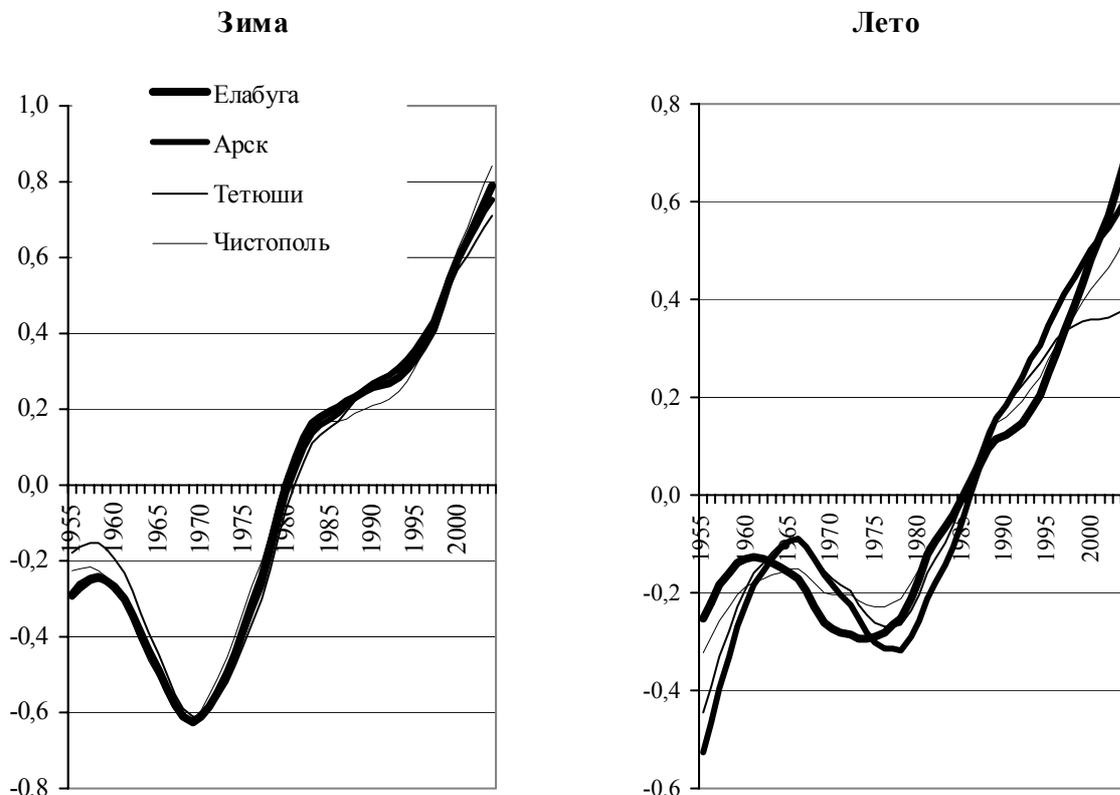


Рис. 1. Многолетний ход низкочастотной составляющей с периодом колебания более 20 лет нормированных аномалий температуры воздуха зимой и летом

июле от 3,4 (Чулпаново) до 3,9° С (Бугульма). Летом территориальные различия величины  $\sigma_{сут}$  менее заметны.

Важно отметить, что  $\sigma_{сут}$  рассчитанное по максимальной температуре зимой несколько ниже, а летом – выше, чем рассчитанные по средней суточной температуре. Так,  $\sigma_{сут}$  максимальной температуры изменяется от 6,8 (Бугульма) до 7,8° С (Елабуга) в январе и в июле от 4,2° (Лаишево) до 4,6° С (Акташ). Величина  $\sigma_{сут}$  минимальных температур может превышать 9° С в январе и снижаться до 3° С в июле.

Как известно, в колебаниях температуры воздуха отчетливо проявляется суточный ход, зависящий от периодического прихода солнечной радиации. Его нарушения зависят от характера циркуляции атмосферы (особенно в холодный период), режима облачности и состояния подстилающей поверхности. Амплитуда суточного хода температуры, определяется как разность между показателями максимального термометра в послеполуденные часы и минимального после восхода солнца. Естественно, что амплитуда суточного хода температуры воздуха испытывает также годовой ход – максимум этой величины отмечается в мае и меняется по территории РТ от 9,1 (Вязовые) до 13,2° С (Азнакаево), а минимум – в ноябре, когда ее колебания происходят в пределах от 3,9 (Вязовые) до 5,7° С (Муслумово).

Ярко выраженный годовой ход испытывают и такие характеристики термического режима как абсолютный максимум и абсолютный минимум температуры воздуха. До самой нижней отметки температура опускается в декабре-январе. Так, в январе в Муслумово и в декабре в Арске величина абсолютного минимума составляла -47,7° С. Абсолютный максимум температуры фиксируется в летние месяцы. Так, в июне в Кайбицах и в июле в Акташе он достигал 38,5° С. Таким образом, в течение года могут возникать значительные контрасты температуры (более 80° С).

Наиболее неустойчивая погода наблюдается в период ноябрь-февраль. Так, повторяемость резких изменений температуры (на 5° С и более за сутки) в январе в Муслумово достигает 34,5%. На других станциях РТ она колеблется от 25 до 33%. В теплый период подобные скачки температуры происходят не столь часто. Так, в июле их повторяемость составляет от 2,6 до 4,1% и лишь в мае происходит заметное нарушение стабильности. В этом месяце по территории РТ повторяемость рез-

ких изменений температуры заметно выше смежных месяцев и колеблется в пределах 10-16%.

Достаточно редким событием является понижение температуры ниже -30° С в зимний период. Так, в январе повторяемость сильных морозов (-30° С и ниже) по минимальной температуре достигает в Муслумово 9,8%, а по среднесуточной температуре 3,8%. Это событие происходит реже всего в Дрожжаном – в 3,6% случаев по минимальной температуре и 1,7% – по среднесуточной. В феврале рассматриваемый показатель несколько ниже.

Средняя продолжительность безморозного периода по территории РТ меняется в широких пределах от 122 (Азнакаево) до 162 суток (Лаишево). При этом первый заморозок осенью может возникнуть в августе (например в Бугульме 15.VIII.1969 г.), а последний в июне (6 июня 1992 г. в Азнакаево). Средняя дата первого заморозка осенью по территории РТ колеблется от 17 сентября (Азнакаево) до 5 октября (Лаишево), а средняя дата последнего заморозка весной меняется от 21 апреля (Елабуга) до 17 мая (Азнакаево).

Заметные изменения термического режима РТ, особенно в холодный период, приводят к изменению характеристик отопительного периода (ОП) - той части года, когда средняя суточная температура устойчиво удерживается ниже +8° С. Анализ расчетов показал, что в среднем ОП на территории РТ начинается 1-4 октября (в Бугульме – 30 сентября) и заканчивается 28-30 апреля без больших территориальных различий. Средняя продолжительность ОП колеблется в пределах от 208 до 214 дней, а средняя температура ОП меняется от -4,6 до -5,4° С. Максимальная продолжительность ОП – 266 дней наблюдалась в Бугульме (1966 г.), минимальная – 167 дней в Кайбицах (1975 г.). Прослеживается тенденция к уменьшению продолжительности отопительного периода и повышению средней температуры этого периода, что экономически выгодно. Так, по данным метеостанции Казани (университет) продолжительность ОП уменьшается со скоростью 18,4 дня за 100 лет, а скорость роста его температуры составила 2,7° С/100 лет.

Вычисленные нами показатели затрат тепла на обогрев зданий имеют ярко выраженный годовой ход. Так, в январе средние многолетние величины затрат тепла на обогрев зданий меняются от 1033 (Казань, опорная) до 1105 ккал/м<sup>2</sup>час (Мензелинск), а годовые от 4985 (Казань) до

5449 ккал/м<sup>2</sup>час (Бугульма). Естественно, что межгодовые различия в затрате энергии на обогрев зданий достаточно существенны и колеблются за период 1966-2004 гг. в пределах от 2237 до 6170 ккал/м<sup>2</sup>час для ст. Казань, опорная.

В летний период затраты энергии на охлаждение зданий не столь велики и составляют ~2% от затрат энергии на отопление в холодный период. Охлаждающий период начинается 11-15 июня и завершается 7-11 августа (в Азнакаево и Бугульме он заканчивается 1 августа).

## 2. Атмосферные осадки

В среднем по Республике многолетняя годовая сумма осадков составляет 503 мм, за гидрологический год (XI-X) – 501 мм, в теплый период выпадает 350, в холодный – 151 мм. Осадки, как известно, являются результатом взаимодействия макро- и микромасштабных процессов в атмосфере и зависят от характера подстилающей поверхности. На западе и востоке их годовое количество не превышает 480 мм, а районе Лаишево (юго-восточнее Казани) – 550 мм. Отмечается хорошо выраженный годовой ход атмосферных осадков, с минимумами в марте в пределах от 15 до 30 мм и максимумами в июне от 56 до 74 мм. Обнаружены

отдельные очаги максимума осадков в холодный период в районах Елабуги (165 мм), Казани и Лаишево (185 мм); в теплый период – Елабуги (370 мм) и Бугульмы (380 мм), т.е. происходит сезонная перестройка полей осадков.

Временная изменчивость, характеризуемая значением  $\sigma$ , также имеет хорошо выраженный годовой ход, с минимумом в марте (13 мм) и максимумом в июне (35 мм). Коэффициент вариации в течение года меняется от минимума в декабре (47%) до максимума в мае (65%).

Поведение НЧК (более 20 лет) сумм осадков по данным за период 1955-2005 гг. достаточно сложное. Явное снижение осадков в холодный период произошло на ст. Чистополь, Чулпаново. Некоторый рост с максимумом в 1988 г. отмечен на станциях востока РТ, например, в Елабуге сумма осадков в 1985 г. достигла 180 мм. На западе РТ осадков выпадает заметно больше, чем на востоке, причем на ст. Казань, опорная наблюдается их устойчивый рост от 130 до 215 мм за данный период.

Для осадков рассчитывался также многолетний ход НЧК нормированных аномалий зимних сумм осадков и сумм за холодный период (рис. 2). От-

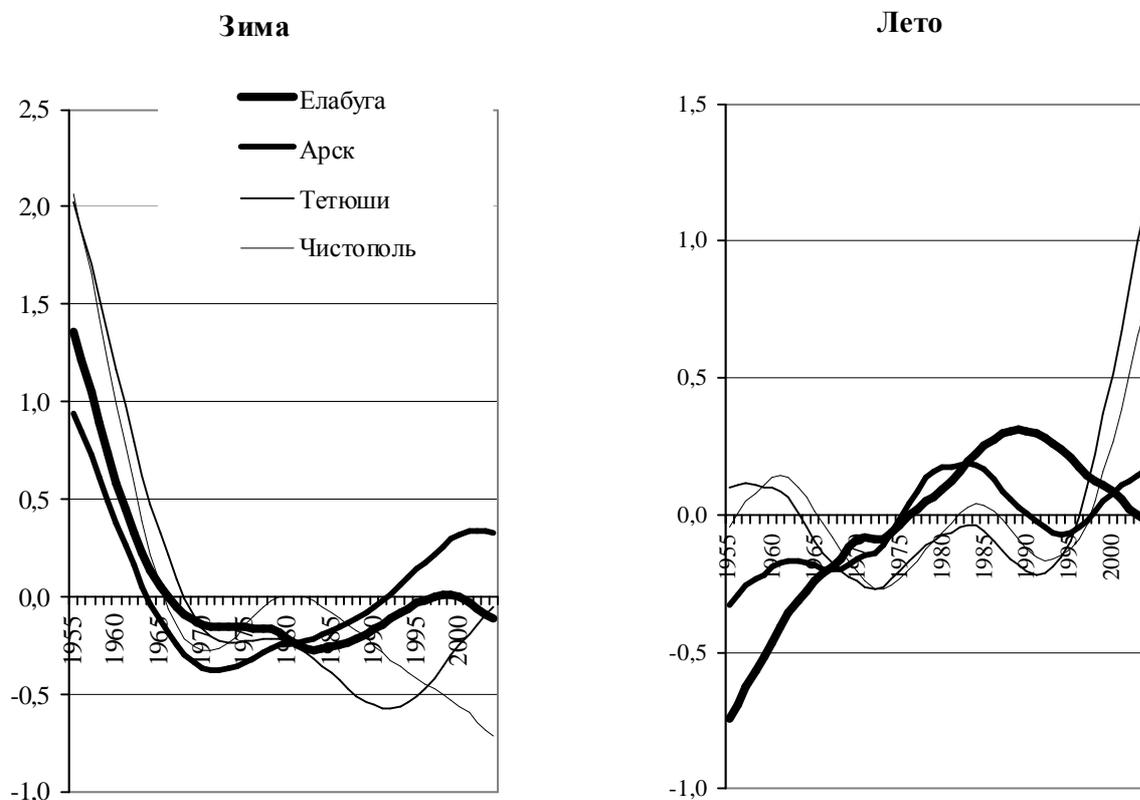


Рис. 2. Многолетний ход низкочастотной составляющей с периодом колебания более 20 лет нормированных аномалий количества осадков зимой и летом

мечается повсеместное значительное увеличение количества осадков в 1955 г., когда аномалия на ст. Чистополь и Тетюши вдвое превышала величину  $\sigma$ , т.е. в эти годы осадки были экстремальными, затем произошло их существенное уменьшение (появились слабые отрицательные аномалии). Лишь на ряде станций с 1985 г. и по настоящее время сформировалась положительная аномалия.

В летний период кривые НЧК нормированных аномалий сумм осадков имеют хорошо выраженный волновой характер с периодичностью около 25 лет. Особенно хорошо эта периодичность выражена в западной и центральной частях РТ. Причем на ст. Кайбицы, Дрожжаное, Тетюши, Чистополь, Чулпаново после 1985 г. наблюдается явный рост осадков и знак нормированных аномалий становится положительным (в Тетюшах аномалия достигла 1,2). Практически повсеместно в 80-ые годы наблюдался рост осадков и рост их положительных аномалий. На востоке РТ в 50-ые годы аномалия осадков отрицательная, как и в самые последние годы. Таким образом, режим осадков на западе и востоке в последние годы находится почти в противофазе, чего не было в 50-х годах.

Анализ кривых НЧК сумм осадков теплого периода в некоторой степени созвучен предыдущим результатам. Отмечается рост осадков с 1995 г. на ст. Кайбицы, Дрожжаное, Тетюши, Чистополь, Чулпаново. Не совсем однозначная картина на востоке РТ и обнаруживается слабая тенденция к росту осадков теплого периода на ряде западных станций (Приказанье) и 4-х станциях востока РТ (Мензелинск, Азнакаево, Елабуга, Бугульма).

Для оценки степени засушливости и увлажненности летнего и зимнего периодов для всех станций с привлечением материала за 1955-2005 гг. рассчитан индекс Педя, который широко используется в метеорологии и определяется для летних условий по формуле [9]:

$$S_i = \frac{\Delta T_i}{\sigma_T} - \frac{\Delta Q_i}{\sigma_Q} \quad (1)$$

где  $S_i$  – индекс Педя,  $\Delta T_i$  – аномалия температуры воздуха,  $\Delta Q_i$  – аномалия количества осадков,  $\sigma_T$  и  $\sigma_Q$  – средние квадратические 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. При  $-2 < S_i < 2$  наблю-

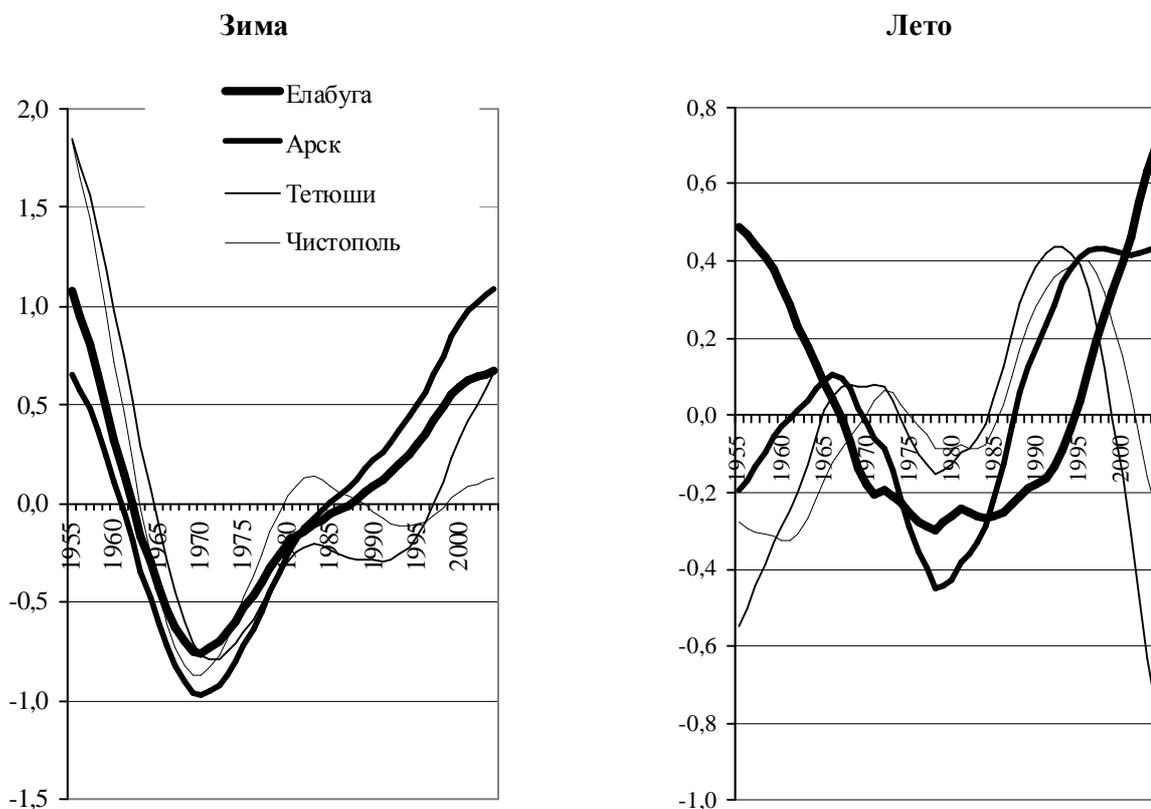


Рис. 3. Многолетний ход низкочастотной составляющей с периодом колебания более 20 лет индексов Педя зимой и летом

даются нормальные погодные условия или условия слабой (аномальности).

Для зимних условий индекс Педя рассчитывается по той же формуле, только в ней знак «-» заменяется на знак «+». Практика показывает, что если  $S_i > 2$ , то зима считается теплой и многоснежной, если  $S_i < 2$ , то – холодной и малоснежной.

В зимний период НЧК индекса Педя с периодом более 20 лет для большинства станций западной и восточной частей РТ, начиная с конца 60-х годов и по настоящее время, неуклонно растет и для ст. Казань опорная, в частности, меняется от -1,1 (1968 г.) до +1,6 (2005 г.), т.е. наблюдается тенденция перехода от холодных и малоснежных к более теплым и многоснежным зимам (рис. 3). Заметим, что до 60-х годов НЧК индекса Педя находилась в положительной области. Лишь три станции – Дрожжаное, Тетюши, Чистополь имеют более сложную колебательную структуру индекса.

В летний период НЧК колебаний индекса Педя имеет более сложную волновую структуру для станций западной и центральной частей РТ (с периодом колебаний порядка 25-30 лет), чем для станций востока РТ, где, начиная с 70-х годов, отмечается неуклонное возрастание значений НЧК. Например, для ст. Казань, опорная в 1980 г. отмечалось отрицательное значение (-0,6), а в 1998 г. его положительное (1,0), что свидетельствует об увеличении засушливости с 90-х годов, затем происходит некоторое уменьшение показателя. Причем на ряде станций (Чистополь, Кайбицы, Дрожжаное, Тетюши) с 1993-95 гг. (гребень волны) началось резкое понижение индекса, переход его в отрицательную область, что свидетельствует о тенденции повышения увлажненности на юго-западе

РТ. Процессы на востоке и западе РТ в летний период протекают в последние 15 лет в противофазе.

Таким образом, выделение низкочастотной компоненты в метеорологических рядах с периодом более 20 лет позволило вскрыть ряд интересных тенденций в температурно-влажностном режиме.

### 3. Биоклиматические показатели

Важное значение в последнее время придается изучению влияния погоды и климата на состояние человека, его самочувствие и работоспособность. Этой проблеме посвящено достаточно большое количество работ [1, 2, 4, 5, 8, 10, 11]. 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 (таблица 1).

Расчеты ЭЭТ производились по формуле А. Миссенарда [8]:

$$ET = 37 - \frac{37 - t}{0.68 - 0.0014f + \frac{1}{1.76 + 1.4v^{0.75}}} - 0.29t\left(1 - \frac{f}{100}\right) \quad (2)$$

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

Таблица 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          |

Эквивалентно-эффективная температура, рассчитанная по 14 станциям РТ за период 1966-2004 гг. имеет хорошо выраженный годовой ход. В январе наблюдаются наименьшие значения в пределах от  $-23^{\circ}$  (Азнакаево) до  $-29,6^{\circ}$  (Бугульма), а в июле наибольшие, которые на территории РТ меняются от  $12,6^{\circ}$  (Бугульма) до  $15,2^{\circ}$  (Муслюмово). При этом в холодный период разброс значений ЭЭТ заметно больше, чем в теплый. Среднее квадратическое отклонение ЭЭТ также испытывает годовой ход. В январе  $\sigma$  принимает наибольшее значение по территории РТ и изменяется от  $4,4^{\circ}$  (Дрожжаное) до  $5,8^{\circ}$  (Арск), а в июле наименьшие значения и колеблется от  $2,2^{\circ}$  (Азнакаево) до  $2,7^{\circ}$  (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  $-36,7^{\circ}$ , а в январе 2001 г. лишь  $-14,2^{\circ}$ . В июле диапазон изменений заметно уже: от  $10,0^{\circ}$  (1968 г.) до  $19,0^{\circ}$  (2002 г.).

Если взять за основу классификации теплоощущения человека критерии предложенные в [1] и представленные в таблице 1, то «комфортно-тепло» в многолетнем осреднении на территории нашей Республики 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 таблице 2.

Для оценки степени комфортности рассчитывалась эффективная температура, которая является характеристикой ощущения степени тепла или холода организмом человека. Эффективная темпе-

ратура 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 принят интервал зоны комфорта  $13,5-18^{\circ}$  С. Расчет эффективной температуры для каждого дня всех месяцев года за период 1966-2004 гг. производился по формуле [5]

$$ET = t - 0,4(t - 10)(1 - f/100) \quad (3)$$

где  $f$  – относительная влажность воздуха;  $t$  – температура воздуха в градусах Цельсия.

Полученные результаты осреднились 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 ЕТ меняются на территории РТ от  $-11,4$  до  $-9,9^{\circ}$  С, а в июле от  $17,5$  до  $18,6^{\circ}$  С.

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 таблицы 3, колеблется от 52 (Акташ) до 60 (Чулпаново).

Для биоклиматической оценки холодного периода существуют методы оценки суровости погоды. Как отмечено в работе [10] 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 холодную нагрузку может вызывать относительная влажность воздуха.

Таблица 2

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 |    |     |    |

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

$$S = (1 - 0,04t)(1 + 0,27v) \quad (4)$$

где  $S$  – индекс суровости (баллы),  $t$  – температура воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $v$  – 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  $\sigma$  индекса  $S$  в январе меняется от 0,3 до 0,5 (чаще всего встречаются значения 0,4), а в ноябре и марте оно 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 таблице 3 представлено рас-

пределение числа дней в году с малосуровой, 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  $R^2$ . Оказалось, что они достаточно однородно распределяются по территории РТ. Так, в январе величина КНЛТ ЭЭТ изменяется от 0,21 (Тетюши) до 0,35 $^{\circ}$  С/год (Арск), т.е. повсеместно растет с высокой степенью достоверности ( $R^2$  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 подтверждается вышеизложенное заключение о смягчении суровости климата на территории РТ.

В теплый период значения КНЛТ для ЭЭТ значительно меньше (0,07-0,12 $^{\circ}$ /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  $I$ ,

Таблица 3

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

| Станция      | Комфортная погода по ЕТ | Мало суровая погода | Умеренно суровая 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              |

предложенный В.Г. Бокшей [2]. Этот индекс представляет собой сумму индексов патогенности разных метеорологических величин:

$$I = I_t + I_h + I_v + I_n + I_{\Delta p} + I_{\Delta t} \quad (5)$$

где  $I_t$  – индекс патогенности температуры воздуха;  $I_t = 0,02(18 - t)^2$  при  $t \leq 18^\circ \text{C}$  и  $I_t = 0,02(t - 18)^2$  при  $t > 18^\circ \text{C}$ ;  $t$  – среднесуточная температура,  $^\circ\text{C}$ ;  $I_{\Delta t}$  – патогенность межсуточного изменения температуры  $\Delta t$ ;  $I_h$  – индекс патогенности влажности воздуха,  $h$  – среднесуточная относительная влажность (%);  $I_v$  – индекс патогенности ветра;  $v$  – среднесуточная скорость ветра (м/с);  $I_n$  – индекс патогенности продолжительности солнечного сияния,  $n = 10 - 10S_\phi / S_{\phi \max}$ ;  $S_\phi$  и  $S_{\phi \max}$  – соответственно максимально возможная и фактическая продолжительность солнечного сияния по гелиографу;  $I_{\Delta p}$  – индекс патогенности межсуточного изменения атмосферного давления  $\Delta p$ .

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

$$I = 10^{\frac{h-70}{20}} + 0,2v^2 + 0,06n^2 + 0,06(\Delta p)^2 + 0,3(\Delta t)^2 + I_t \quad (6)$$

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 [5], годовой ход индекса патогенности показывает, что наибольший «раздражающий» эффект погоды отмечается в зимние месяцы. Согласно исследованию Е.Г. Головиной и В.И. Русанова [4], более резкие значения индекса I сочетаются с неблагоприятными сдвигами параметров геодинамики 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. произведены расчеты индекса патогенности по формуле (6), результаты которых обобщены в таблице 4, 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.

Суточные значения индекса патогенности I в Казани меняются в широком диапазоне от 200 (декабрь, 2002 г.) до 1,0 (май, 2004 г.)

Таблица 4

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

| Месяц    | Градации 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 |

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 |

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 I=0-9 – оптимальные, I=10-24 – раздражающие, I>24 острые.

Годовой ход индекса патогенности погоды показывает, что наибольший «раздражающий» эффект погоды отмечается в зимние месяцы (таблица 5).

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.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев С. С. Человек и окружающая среда / С. С. Андреев. – Ростов н/Д : Изд-во СКНЦ ВШ АПСН, 2005. - 271 с.
2. Бокша В. Г. Медицинская климатология и климатотерапия / В. Г. Бокша, Б. В. Богущкий. – Киев : Здоровье, 1980. – 262 с.
3. Всемирная конференция по изменению климата: тез. докл. – М., 2003. – 670 с.

Переведенцев Юрий Петрович  
доктор географических наук, профессор, зав. кафедрой метеорологии, климатологии и экологии Казанского государственного университета,  
E-mail: [Yuri.Perevedentsev@ksu.ru](mailto:Yuri.Perevedentsev@ksu.ru)

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

Шерстюков Борис Георгиевич  
кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник ВНИИГМИ-МЦД, Обнинск,  
E-mail: [Boris@meteo.ru](mailto:Boris@meteo.ru)

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

Шанталинский Константин Михайлович  
кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского университета,  
E-mail: [Konstantin.Shantalinsky@ksu.ru](mailto:Konstantin.Shantalinsky@ksu.ru)

4. Головина Е. Г. Некоторые вопросы биометеорологии / Е. Г. Головина, В. И. Русанов. – СПб. : Изд-во РГГМИ, 1993. - 90 с.

5. Исаев А. А. Экологическая климатология / А. А. Исаев. – М. : Науч. мир, 2001. – 458 с.

6. Климат и загрязнение атмосферы в Татарстане / под ред. Ю. П. Переведенцева. – Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1995. – 155 с.

7. Климат Татарской АССР / под ред. Н. В. Колобова. – Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1983. – 160 с.

8. Новикова Н. Н. Оценка уровня комфортности атмосферы г. Москвы / Н. Н. Новикова, Е. Г. Головина // Гидродинамические методы прогноза погоды и исследования климата : сб. – СПб., 2002. – С. 266-271.

9. Педь Д. А. О показателях засухи и избыточного увлажнения / Д. А. Педь // Труды Гидрометцентра СССР. – 1975. – Вып. 156. – С. 19-39.

10. Романова Е. Н. Методы использования систематизированной климатической и микроклиматической информации при развитии и совершенствовании градостроительных концепций / Е. Н. Романова, Е. О. Гобарова, Е. Л. Жильцова. – СПб. : Гидрометеиздат, 2000. – 159 с.

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

12. Climate Change 2007 : The Physical Science Basis: IPCC AR4 WGI Fourth Assessment Report. – 18 p.

Perevedentsev Yuriy Petrovich  
Doctor of Geography, Professor, manager of meteorology, climatology and ecology chair Kazan State University,  
E-mail: [Yuri.Perevedentsev@ksu.ru](mailto:Yuri.Perevedentsev@ksu.ru)

Ismagilov Nail Vagizovich  
Candidate of Geography, associate professor of meteorology, climatology and ecology chair Kazan State University

Sherstyukov Boris Georgiyevich  
Candidate of Geography, scientific worker, Obninsk,  
E-mail: [Boris@meteo.ru](mailto:Boris@meteo.ru)

Naumov Eduard Petrovich  
Candidate of Geography, associate professor of meteorology, climatology and ecology chair Kazan State University

Shantalinskiy Konstantin Mikhailovich  
Candidate of Geography, associate professor of meteorology, climatology and ecology chair Kazan State University, E-mail: [Konstantin.Shantalinsky@ksu.ru](mailto:Konstantin.Shantalinsky@ksu.ru)

Гоголь Феликс Витальевич  
ассистент кафедры метеорологии, климатологии и эко-  
логии атмосферы Казанского университета,  
E-mail: Felix.Gogol@ksu.ru

Gogol Feliks Vitalyevich  
assistant lecturer of meteorology, climatology and ecology  
chair Kazan State University, E-mail: Felix.Gogol@ksu.ru