

ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ В ПРИКАЗАНСКОМ РЕГИОНЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 90 ЛЕТ И ЕГО ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В XXI ВЕКЕ.

Ю.П. Переведенцев, Т.Р. Аухадеев, А.А. Николаев, К.М. Шанталинский
Казанский федеральный (Приволжский) университет, Казань, ureved@kpfu.ru

В связи с неустойчивостью современного климата и возможными существенными и разнонаправленными последствиями от его возможных изменений как в различных сферах жизни, так и в разных регионах Земли, интерес к теме исследования климатических изменений не уменьшается. Наиболее обширный обзор текущего состояния климата, его изменений и их возможных причин представлены в Оценочном докладе ВМО выпущенном Межправительственной группой экспертов по изменению климата [9]. Кроме того, как мировыми метеорологическими центрами, так и национальными гидрометеорологическими службами издаются многочисленные обзоры мониторинга климата. В частности обширная информация об изменениях климата на территории России представлена в оценочном докладе Росгидромета [1].

Систематические метеорологические наблюдения в исследуемом регионе начались в феврале 1805 г. в Казанском университете. Через 10 лет профессором физики этого университета Ф.К. Броннером была опубликована научная работа «Следствия из метеорологических наблюдений в Казани 1814 года», что положило начало метеорологическим исследованиям в Казанском университете.

В последующие годы усилиями многих исследователей [3] была создана Казанская метеорологическая школа, к числу приоритетных исследований которой относится, в частности, исследование глобальных и региональных изменений климата и их последствий [4 - 7].

Настоящая работа имеет целью исследование изменений температурного режима в Приказанском регионе, а также определение степени влияния факторов различного масштаба на температурный режим региона и оценку возможных изменений температуры в будущем.

Исходным материалом для исследования послужили средние месячные данные температуры воздуха за период с 1928 по 2017 гг. на метеорологических станциях Приказанского региона. А именно станции – Казань, университет, Казань, ЦГМС, Вязовые и Арск. Станция Казань, университет расположена в центральной части города. Станция Казань, ЦГМС (ранее Казань, опорная) находится в настоящее время также в пределах города в восьми километрах к югу от центра. Станция Вязовые находится в 40 км к западу от Казани, а станция Арск – в 60 км к северо-востоку.

Однако в результате детального анализа температурных временных рядов ст. Казань, ЦГМС установлена их значительная неоднородность, которая связана, в основном, с интенсивной застройкой окружающей местности, что не позволяет без устранения этих неоднородностей корректно использовать эти данные для целей изучения климатических изменений. По этой причине далее анализировались как исходные данные, так и результаты исследования изменений температурного режима на трех оставшихся станциях (Казань, университет, Вязовые и Арск).

Для выявления наиболее крупномасштабных изменений температурного режима были использованы временные ряды аномалий приповерхностной температуры воздуха Отдела исследования климата университета Восточной Англии (далее данные CRU)[8], а в качестве методов исследования использовались метод корреляционного анализа и сглаживание временных рядов низкочастотным фильтром Поттера [2]).

Установлено, что многолетний ход приземной температуры воздуха на станциях региона практически аналогичен. Значения коэффициентов корреляции во все сезоны года превосходят величину 0,95. Следует однако отметить, что во время современного этапа глобального потепления (вторая половина исследуемого периода) эти связи выше

(коэффициент корреляции не ниже 0,98). Специфические же условия крупного города проявляются как в более высоких средних температурах, так и характеристиках ее изменчивости (табл.1).

Термический режим Приказанского региона характеризуется выраженным годовым ходом. При этом минимум температуры наблюдается в январе, а максимум приходится на июль. Весьма велика и изменчивость термического режима, достигающая максимума зимой. Сравнением средних значений температуры воздуха осредненных за различные периоды обнаруживается существенное ее увеличение во все сезоны года. Причем максимальный рост температуры отмечается также в зимний период (табл.1).

Таблица 1

Средние многолетние значения (норма), средние квадратические отклонения (СКО), максимальные и минимальные значения приземной температуры воздуха (°С) в Приказанском регионе за различные периоды осреднения:
1928-2017, 1928-1957, 1958-1987 и 1988-2017 гг.

| | Год (I – XII) | | | Зима (XII – II) | | | Лето (VI – VIII) | | |
|---------------|---------------|---------|------|-----------------|---------|--------|------------------|---------|-------|
| | Казань | Вязовые | Арск | Казань | Вязовые | Арск | Казань | Вязовые | Арск |
| 1928-2017 гг. | | | | | | | | | |
| Норма | 4,57 | 3,77 | 3,17 | -10,41 | -11,11 | -11,89 | 19,10 | 18,20 | 17,83 |
| СКО | 1,19 | 1,17 | 1,18 | 2,76 | 2,77 | 2,75 | 1,40 | 1,35 | 1,39 |
| Макс | 6,91 | 6,13 | 5,68 | -5,33 | -6,20 | -6,84 | 24,03 | 22,90 | 22,63 |
| Мин | 1,42 | 0,63 | 0,12 | -17,50 | -18,17 | -18,80 | 16,30 | 15,20 | 14,73 |
| 1928-1957 гг. | | | | | | | | | |
| Норма | 3,85 | 3,12 | 2,52 | -11,91 | -12,43 | -13,21 | 18,99 | 18,12 | 17,77 |
| СКО | 0,99 | 0,97 | 0,96 | 2,65 | 2,68 | 2,62 | 1,27 | 1,21 | 1,26 |
| Макс | 5,50 | 4,73 | 4,03 | -6,80 | -7,30 | -8,23 | 21,23 | 20,31 | 20,13 |
| Мин | 1,42 | 0,63 | 0,12 | -17,50 | -18,17 | -18,80 | 16,30 | 15,20 | 14,73 |
| 1958-1987 гг. | | | | | | | | | |
| Норма | 4,28 | 3,43 | 2,80 | -10,47 | -11,33 | -12,07 | 18,55 | 17,66 | 17,27 |
| СКО | 1,00 | 1,03 | 1,02 | 2,61 | 2,67 | 2,66 | 1,26 | 1,31 | 1,32 |
| Макс | 6,23 | 5,48 | 4,92 | -5,33 | -6,20 | -7,03 | 22,03 | 21,43 | 21,23 |
| Мин | 1,80 | 0,93 | 0,27 | -16,77 | -17,47 | -18,40 | 16,67 | 15,50 | 15,10 |
| 1988-2017 гг. | | | | | | | | | |
| Норма | 5,59 | 4,77 | 4,20 | -8,87 | -9,58 | -10,38 | 19,75 | 18,81 | 18,44 |
| СКО | 1,12 | 1,12 | 1,14 | 2,51 | 2,59 | 2,59 | 1,46 | 1,43 | 1,46 |
| Макс | 5,00 | 4,18 | 3,72 | -10,43 | -11,27 | -11,97 | 21,43 | 20,80 | 20,63 |
| Мин | 3,96 | 3,18 | 2,66 | -13,13 | -13,97 | -14,67 | 16,67 | 15,93 | 15,80 |

Низкочастотная фильтрация с полосой пропускания более 20 лет временных рядов аномалий температуры воздуха, вычисленных относительно норм периода 1961-1990 гг., также выявляет существенный рост температуры, как на территории всего Северного полушария, так и в Приказанском регионе (рис.1).

Кроме того, по сглаженным рядам можно определить более детально периоды однозначного изменения приземной температуры воздуха. В зимний период с 1928 по 1957 г. температура в Приказанском регионе повышалась со скоростью около 0,6-0,8°С/10 лет, далее до 1970 г. имело место даже понижение температуры на величину около 0,8°С. С начала же 70-х годов XX века началось следующее активное потепление климата Приказанского региона, которое в конце XX существенно ослабло, а затем к концу первого десятилетия XXI столетия вновь отмечается рост зимней температуры. В итоге, если считать по кривой низкочастотной компоненты, средняя зимняя температура за весь исследуемый период (1928 – 2017 гг.) выросла в Казани на 4,7, в Вязовых – на 4,2 и в Арске – на 4,1°С.

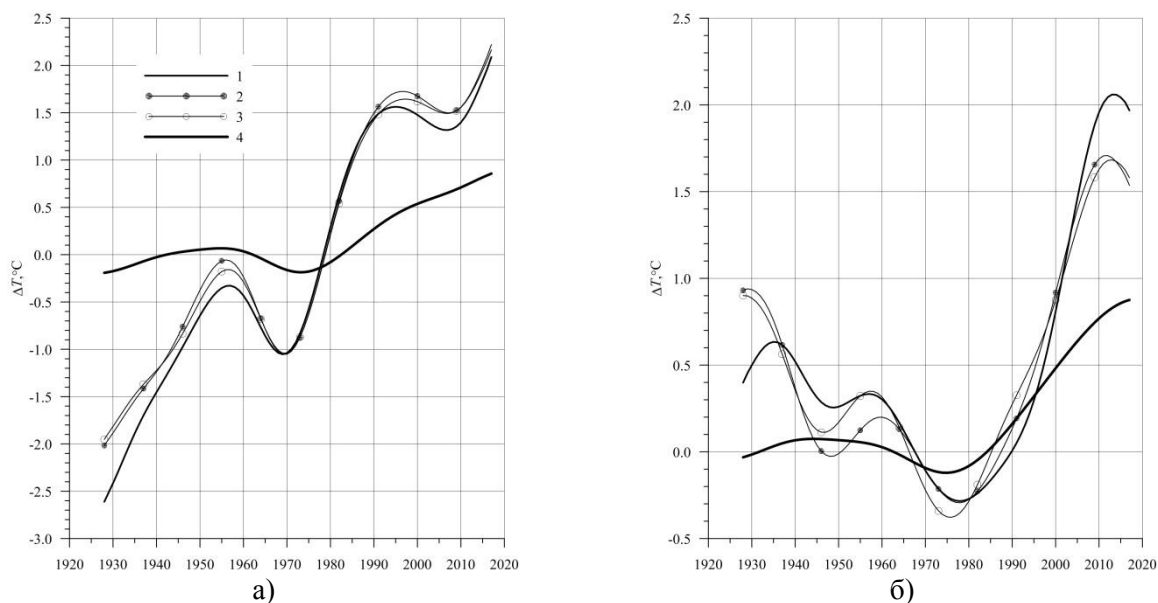


Рис. 1. Низкочастотная компонента с периодом более 20 лет аномалий приземной температуры воздуха (°C) в Приказанском регионе и Северном полушарии:

а) зима (декабрь-февраль), б) лето (июнь-август).

1- Казань, университет, 2- Вязовые, 3- Арск, 4- Северное полушарие (по данным CRU).

Средняя летняя температура воздуха изменялась существенно другим образом. Сначала примерно до второй половины 70-х годов XX столетия климат в среднем холодал, при этом похолодание не было равномерным, температура испытывала колебания с периодом около 20 лет. Похолодание составило около 1,3°C за городом. В Казани в результате тепляющего влияния городских условий оно было в два раза меньше (около 0,7°C). Далее как в Приказанском регионе, так и в целом по полушарию начался интенсивный рост температуры, в результате которого средняя летняя температура выросла на 1,9°C за городом и на 2,2°C в городе.

Из рис.1 видно, что ход температуры в Приказанском регионе при более выраженном характере изменений, протекают согласовано с ходом температуры на всем полушарии как зимой, так и летом. Эта согласованность наиболее выражена на последнем этапе потепления. Выявленные колебания температуры воздуха есть результат влияния как глобальных, так региональных и локальных факторов. С целью оценки вклада глобальных факторов в изменчивость температуры Приказанского региона были вычислены коэффициенты корреляции аномалий температур региона и всего Северного полушария, как за весь исследуемый период, так и два подпериода. Первый предшествует последнему потеплению (1928-1976 гг.), а второй – представляет собой наиболее выраженную часть этого потепления с 1977 г. по настоящее время.

Квадрат коэффициента корреляции характеризует вклад факториального признака в изменчивость результативного признака, а поскольку изменения температуры всего Северного полушария определяются влиянием процессов глобального масштаба, то появляется возможность оценить вклад глобальных процессов в изменчивость температуры региона. Значения коэффициентов корреляции за весь период исследования составили зимой около 0,61, а летом – около 0,48. В период 1928 -1976 гг. эти величины составили соответственно 0,52 и 0,40, а в период 1977 – 2017 гг. – 0,52 и 0,53. Отсюда следует, что вклад глобальных факторов не остается неизменным как в течение периода исследования, так и по сезонам года. За весь же исследуемый период он составил зимой 37%, а летом – 23%.

Тестирование 39 климатических моделей последнего поколения CMIP5, с целью прогноза температуры воздуха в Казани до конца XXI века показало, что по многолетнему

тренду годовой температуры воздуха за период 1891-2005 гг были выявлены семь моделей, данные которых во все месяцы года совпадают с реальными по знаку и незначительно отличаются по величине (BNU-ESM, CMCC-CM, MPI-ESM-LR, MPI-ESM-MR, GISS-E2-H, EC-EARTH, FIO-ESM).

В результате выполненных расчетов по ансамблю из этих семи моделей ожидается увеличение температуры воздуха в городе Казани в период 2011-2100 гг. в целом за год и в каждом сезоне. Однако величина роста температуры существенно изменяется по сезонам и в зависимости от сценария концентрации парниковых газов.

Как и следовало ожидать, наибольший рост температуры воздуха за год и по сезонам получен для экстремального сценария RCP8.5. В среднем по ансамблю ожидается увеличение средней январской температуры воздуха на 8,2°C, а средней июльской на 5,2°C. Анализ сезонных величин показывает, что наибольший рост температуры воздуха может иметь место зимой (8,0°C), что заметно превышает средние глобальные показатели. Для весеннего, летнего и осеннего сезонов увеличение температуры ожидается в пределах 5,3 – 5,9°C.

Для «умеренного» сценария RCP4.5 тенденция увеличения температуры воздуха сохраняется, но величина ее роста составляет величину 2,1°C для среднего годового значения, 3,1°C для среднего зимнего, 2,0°C для весеннего сезона и 1,5 – 1,6°C для лета и осени. Для сценария RCP2.6 увеличение температуры может составить от 0,7°C для летнего до 1,6°C для зимнего сезона.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты 18-05-00721, 18-45-160006).

Литература

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М.: Росгидромет, 2014. -1008с.
2. Отнес Р.К., Энноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. М.: Мир, 1982. 428 с.
3. Переведенцев Ю.П. Метеорология в Казанском университете: становление, развитие, основные достижения. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2001. – 128 с.
4. Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Наумов Э.П., Шанталинский К.М., Николаев А.А. Региональные проявления современного потепления климата в тропосфере Северного полушария. - Известия РАН, серия географическая, 2005, №6, с. 6-16.
5. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Важнова Н.А. Пространственно-временные изменения основных показателей температурно-влажностного режима в Приволжском федеральном округе. – Метеорология и гидрология, 2014, №4, с. 32-48.
6. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М. Оценка современных изменений температуры воздуха и скорости ветра в тропосфере Северного полушария. - Метеорология и гидрология, 2014, №10, с. 19-31.
7. Переведенцев Ю. П. Динамика тропосферы и стратосферы в умеренных широтах Северного полушария и современные изменения климата в Приволжском федеральном округе / Ю. П. Переведенцев, В. В. Гурьянов, К. М. Шанталинский, Т.Р. Аухадеев - Казань, Изд-во Казан. ун-та, 2017. - 186 с.
8. Brohan P., Kennedy J.J., Harris I. et. al. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850// J. Geophysical Research. 2006. Vol.111. D12106, doi 10.1029/2005JD006548.
9. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate// Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.