

## МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ГОРОДА ВОРОНЕЖА ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ 20-ГО ВЕКА

Л.М. АКИМОВ

Воронежский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 10 февраля 2003 г.

**Аннотация:** Проведен анализ климатического распределения аномалии температуры города Воронежа. Исследованы закономерности повторяемости и устойчивости аномалии температуры во второй половине 20-го века.

**Ключевые слова:** аномалия, температура, тенденция, тренд.

**Abstract:** The article focuses on the analysis of the climatic distribution of temperature anomalies of the Voronezh city. The regularities of repeatability and stability of temperature anomalies in the second half of the 20 th century are considered.

**Key words:** anomaly, temperature, tendency, trend.

Проблема многолетних изменений климата впервые была поставлена еще в конце 19-го столетия. С тех пор интерес к ней неуклонно возрастал. Это стало особенно заметным после того, как в общественном сознании укрепилось понимание роли климата как важного фактора окружающей среды [2], опасного характера наметившихся антропогенных изменений [1] и их возможных эколого-географических [4], экзодинамических [3], социальных [5] и других последствий. Ярким свидетельством актуальности рассматриваемой проблемы является ввод в ряде стран (Англия, США, Россия и др.) в последние десятилетия оперативных систем мониторинга текущих изменений глобального термического режима.

В работах, посвященных изучению изменения климата, исследуются, в основном, колебания во времени температуры воздуха, так как по этому

элементу наиболее длинные и надежные ряды наблюдений. Накопление многолетних рядов инструментальных наблюдений дает возможность объективно проанализировать колебания климата, происшедшие за последние годы. В данной работе проведен анализ температурного режима воздуха на территории города Воронежа за период с 1963 по 2002 г. Анализ тенденций температурного режима оценивался по показателю аномалии температуры, рассчитываемый как разность между среднемесячной температурой и нормой.

На рис. 1 представлен многолетний ход среднемесячной аномалии температуры г. Воронежа.

Из анализа рисунка следует, что изменения аномалии температуры воздуха наблюдаются в широких пределах. Вместе с тем видно, что периоды с положительной аномалией температуры встречаются значительно чаще, чем с отрицательной.

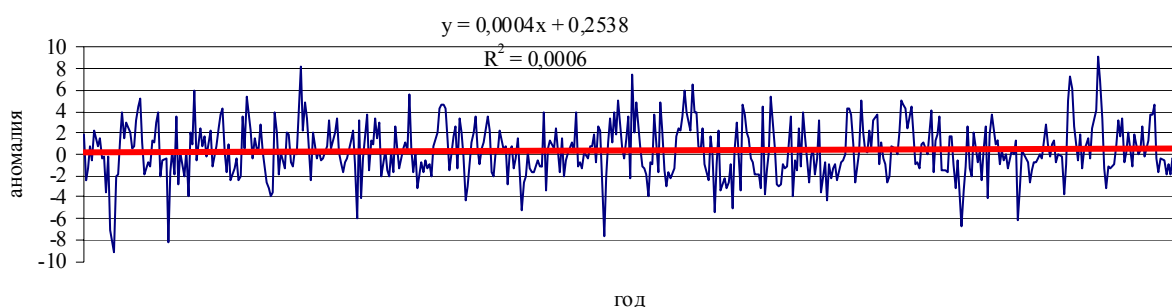


Рис. 1. Многолетний ход среднемесячной аномалии температуры г. Воронежа

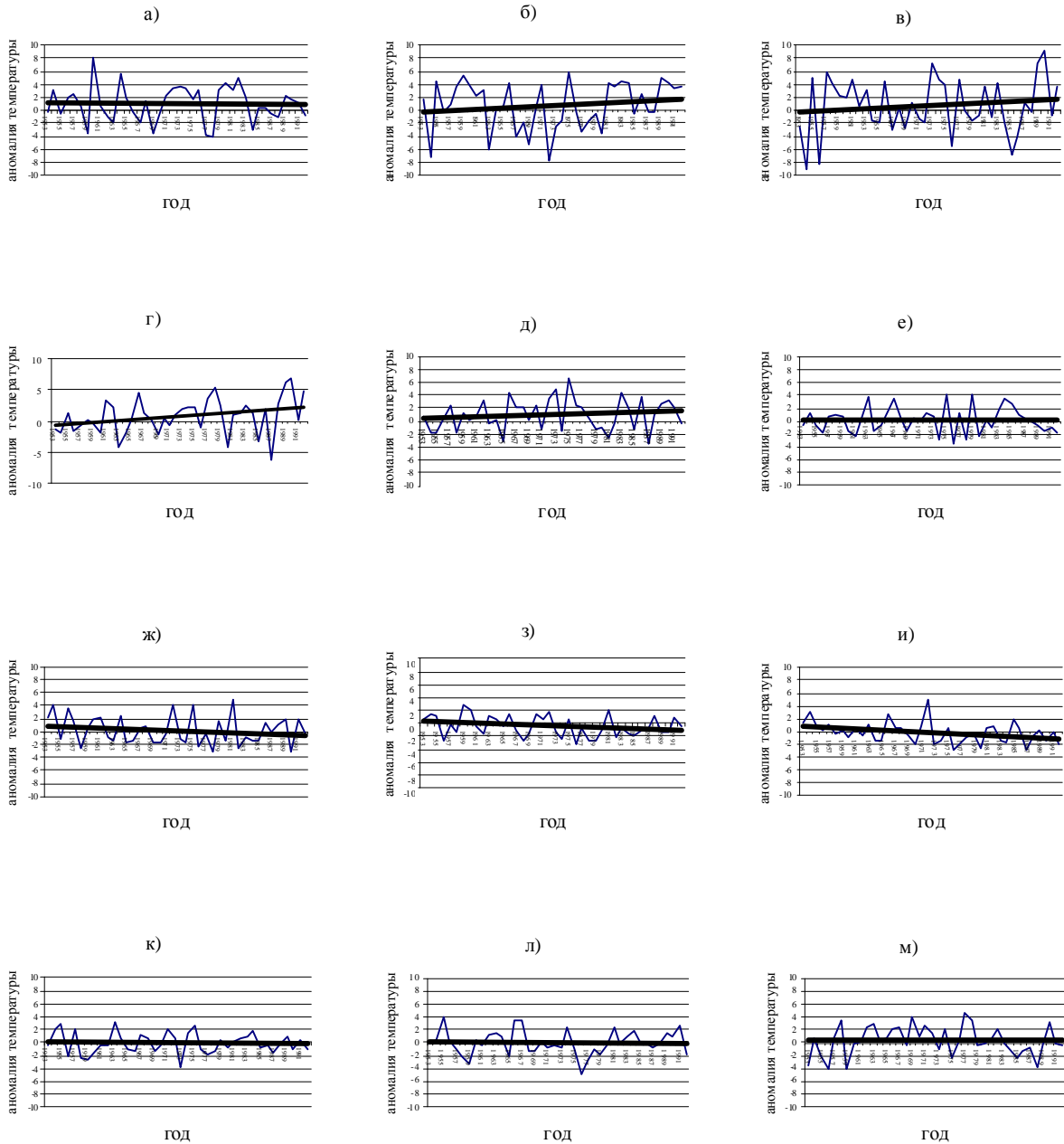


Рис. 2. Многолетнее распределение аномалии температуры в г. Воронеже

а) декабрь, б) январь, в) февраль, г) март, д) апрель, е) май, ж) июнь, з) июль, и) август, к) сентябрь, л) октябрь, м) ноябрь

Для выявления многолетней тенденции в ходе температуры был рассчитан тренд, который позволил установить незначительное повышение температуры, составляющее  $0,055^{\circ}/\text{год}$ . Выявленный тренд, при данной длине выборки и 95 % доверительном интервале, является значимым.

С целью изучения сезонных изменений температуры за исследуемый период для каждого календарного месяца были построены временные ряды и рассчитаны тренды среднемесячных значений аномалий, представленные на рис. 2.

Из анализа рисунка видно, что в период с января по март наблюдается явно выраженный положительный тренд, который в среднем составляет  $2^{\circ}\text{C}$  за исследуемый период. Наибольшее повышение температуры отмечается в марте и составляет  $2,7^{\circ}\text{C}/40$  лет. В апреле уровень повышения температуры значительно уменьшается до уровня  $0,8^{\circ}\text{C}/40$  лет, а в мае тренд отсутствует полностью. Теплый период (с июня по август) характеризуется отрицательным трендом, который составляет в среднем  $-1,65^{\circ}\text{C}/40$  лет. С сентября по ноябрь, су-

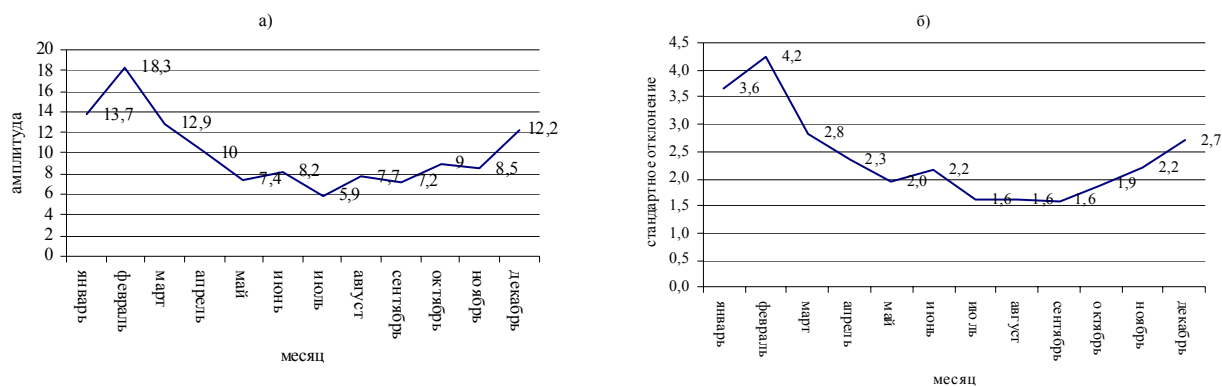


Рис. 3. Статистические характеристики аномалии температуры в г. Воронеже

а) амплитуда  $A_i$ , б) среднее квадратичное отклонение  $\sigma_i$

шественных тенденций в ходе среднемесячной аномалии температуры Воронежа не наблюдалось. В декабре на протяжении всего периода наблюдений равномерное повышение температуры составляет  $1,5^\circ\text{C}/40$  лет.

Наибольший вклад в повышение температуры вносят месяцы холодного периода, в то время как в месяцы теплого сезона температура воздуха понижается. В переходные периоды тренд отсутствует.

Для определения степени изменчивости температуры за исследуемый период для каждого календарного месяца были рассчитаны статистические характеристики: амплитуда и среднее квадратичное отклонение. Результаты расчетов представлены на рис. 3.

Рисунок 3 показывает, что наибольшая изменчивость температуры наблюдается в холодный период с декабря по февраль. Причем, от месяца к месяцу изменчивость температуры увеличивается, об этом свидетельствуют, как значения амплитуды (от  $12,2^\circ\text{C}$  в декабре до  $18,3^\circ\text{C}$  в феврале), так и среднеквадратичные отклонения:  $2,7-4,2$  соответственно. Максимальная изменчивость температуры наблюдается в феврале. В дальнейшем с приближением к теплему периоду степень изменчивости температуры значительно уменьшается. Наиболее устойчивая температура, наблюдается с июля по сентябрь, что проявляется в наименьших значениях среднеквадратичного отклонения. В этот период, оно составляет  $1,6^\circ\text{C}$  в каждом месяце. При этом самая устойчивая температура в июле ( $\sigma_i = 1,6^\circ\text{C}$ ;  $A_i = 5,9^\circ\text{C}$ ). Самый неустойчивый температурный режим летом наблюдается в июне, обусловленный повышением амплитуды до  $8,2^\circ\text{C}$  и среднеквадратичного отклонения до  $2,2^\circ\text{C}$ .

Из анализа рис. 1 видно, что на фоне хаотических флуктуаций в многолетнем ходе распре-

ления аномалии температуры явно выражен колебательный процесс. Для выявления внутренних периодичностей исследуемых 480 месяцев аномалии температуры за весь исследуемый период наблюдений, проведен автокорреляционный анализ. Результаты анализа представлены на рис. 4.

Временные сдвиги порога значимости, которых для данной длины выборки превышает  $0,09$ , представлены в таблице 1.

Из таблицы видно, что имеет место чередование знака корреляции с интервалом 50 месяцев,

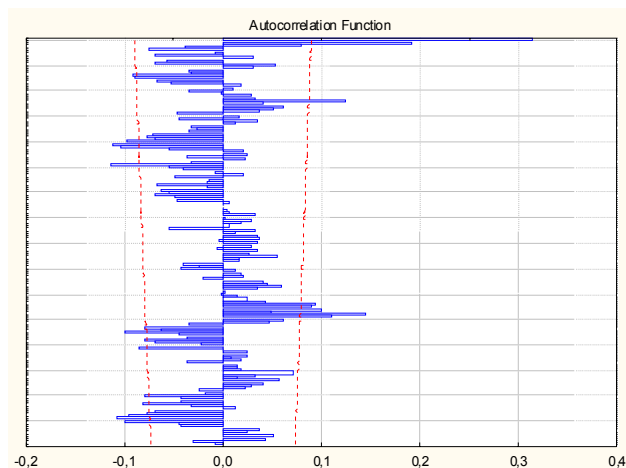


Рис. 4. Автокорреляционная функция среднемесячной аномалии температуры г. Воронежа

Таблица 1

Значимые значения корреляции при различных сдвигах (мес.).

Сдвиг (мес.)	корреляция	Сдвиг (мес.)	корреляция
1	0,31	50	-0,11
2	0,19	109	0,14
25	0,13	149	-0,10

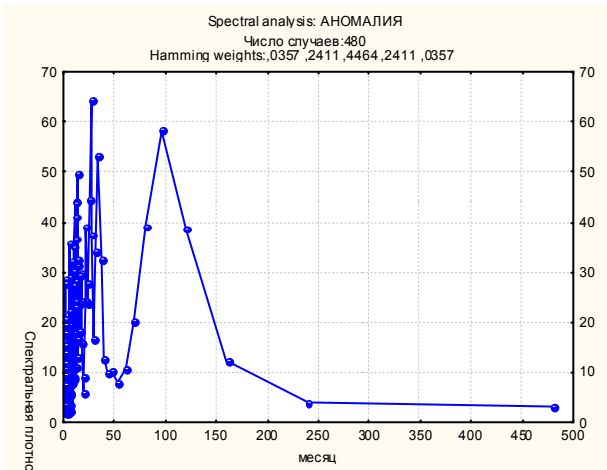


Рис. 5. Спектральная функция аномалии температуры г. Воронежа

при этом наиболее тесные связи наблюдаются при сдвиге 1-2 месяца, что можно объяснить наличием в атмосфере инерционности в процессах. Сдвиг 25 месяцев соответствует квазидвухлетней цикличности ветра в экваториальной стратосфере, 50 месяцев – может быть обусловлен изменениями скорости вращения Земли, 109 месяцев – совпадает с периодом смены эпох атмосферной циркуляции, 149 месяцев (12,3 лет) – связано с влиянием глобальных факторов.

Для установления преобладающих колебаний в рассматриваемых рядах, применен спектральный анализ.

Результаты анализа спектральной функции аномалии температуры за период наблюдений 480 месяцев представлены на рис. 5 и таблице 2.

Исходя из анализа весового вклада в распределение спектра аномалии температуры, представленного в таблице 2, наиболее значимыми можно считать периоды соответствующие 26,7 месяцу (2,2 года) – квазидвухлетней цикличности ветра в

экваториальной стратосфере и 96 месяцам (8 лет), что согласно исследованиям Сидоренкова Н.С. [6], соответствует периоду зональной циркуляции. Вклад остальных выявленных периодов резко уменьшается.

В результате проведенного анализа среднемесячной аномалии температуры Воронежа во второй половине 20-го века, получены следующие результаты: 1) выявлен незначительный многолетний рост температуры, составляющий  $0,055^\circ/\text{год}$ ; 2) наибольшие положительные отклонения аномалии температуры наблюдаются с января по март, которые составляют  $2^\circ\text{C}/40$  лет за исследуемый период; 3) теплый период (с июня по август) характеризуется отрицательным трендом, который составляет в среднем  $-1,65^\circ\text{C}/40$  лет; 4) холодный период (с декабря по февраль) характерен наибольшей изменчивостью температуры, о чем свидетельствует рост значений амплитуды с  $12,2^\circ\text{C}$  в декабре, до  $18,3^\circ\text{C}$  в феврале, так и среднеквадратичных отклонений: 2,7-4,2 соответственно; 5) наиболее устойчивая температура, наблюдается с июля по сентябрь. Самая устойчивая температура в июле; 6) в многолетнем ходе распределения аномалии температуры явно выражен колебательный процесс с чередованием знака корреляции и интервалом 50 месяцев; 7) в распределение спектра аномалии температуры наиболее значимыми можно считать периоды соответствующие 26,7 месяцу (2,2 года) и 96 месяцам (8 лет).

Полученные результаты исследования позволили выявить особенности климатического распределения температуры г. Воронежа во второй половине 20-го века, а также повторяемость и устойчивость аномалии температуры, что важно учитывать при планировании в различных областях хозяйственной деятельности.

Таблица 2

Значимые характеристики спектрального разложения аномалии температуры

Период	Косинус	Синус	Periodog	Вес
96,0000	-0,395450	-0,544268	108,6260	58,34095
26,6667	0,552472	-0,486738	130,1136	64,37938
13,7143	-0,388289	0,511258	98,9166	49,69659
12,0000	0,533620	0,251390	83,5074	41,34033
9,6000	-0,117222	0,474834	57,4100	30,44815
6,5753	0,390924	-0,340950	64,5764	35,93547

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропогенное изменение климата (Заключение советско-американского совещания экспертов по проблеме антропогенного изменения климата. Ленинград, 1983) // Метеорология и гидрология. – 1984. – №6. – С. 117-122.
2. Голицын Г.С. Изменения климата в XX и XXI столетиях (обзор) / Г.С. Голицын // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. – 1986. – Т. 22, №12. – С. 1235-1249.
3. Груза Г.В. Климатическая изменчивость и прогноз изменений климата / Г.В. Груза // Природа. – 1992. – №8. – С. 28-36.
4. Дроздов О.А. Динамика климатической системы и географические условия / О.А. Дроздов, К.М. Лугина // Эколого-географическая оценка и мониторинг природной среды. – СПб., 1998. – С. 8-35.
5. Олсон Л.Е. Климатическое обслуживание в интересах обеспечения устойчивого развития / Л.Е. Олсон // Бюл. ВМО. – 1997. – Т. 46, №1. – С. 33-35.
6. Сидоренков Н.С. Неравномерность вращения Земли и процессы в атмосфере / Н.С. Сидоренков // Тр. Гидрометцентра. – 1978. – Вып. 205. – С. 48-66.

Акимов Леонид Мусамудинович  
кандидат географических наук, доцент Воронежского государственного университета, г. Воронеж,  
т. (4732) 66-56-54, e-mail: root@geogr.vsu.ru, akl63bk.ru

Akimov Leonid Musamudinovitch  
Candidate of Geography, associate professor of the Voronezh State University, Voronezh, tel. (4732) 66-56-54,  
e-mail: root@geogr.vsu.ru, akl63bk.ru