

## Статистическая структура среднегодовой температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге в 1850-2012 гг.

*Амиранашвили А. \*, Картвелишвили Л. \*\*, Трофименко Л. \*\*\*, Хуродзе Т. \*\*\*\**

*\* ТГУ, Институт геофизики им. М. Нодиа*

*\*\* Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета*

*\*\*\* ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации— Мировой центр данных»*

*\*\*\*\* Институт прикладной математики им. Н. Мухелишвили Грузинского технического университета*

В последние годы проблема наблюдаемых и ожидаемых изменений климата на нашей планете приобрела особую актуальность. Эта проблема большое значение имеет в Грузии, благодаря многообразию климатических районов на ее территории (Tavartkiladze и др., 2006), а также, естественно, в России, с ее обширной территорией и разнообразием природных и климатических условий (Булыгина и др., 2000; Груза, Мещерская и др., 2008).

В наших последних исследованиях с использованием различных статистических моделей были проведены оценки ожидаемых изменений температуры воздуха на ближайшие десятилетия в некоторых районах Грузии, в том числе и городе Тбилиси (Tavartkiladze, Amiranashvili, 2008; Amiranashvili и др., 2009, 2011-2012, 2012). Кроме этого, на основании 100-летнего ряда наблюдений (1907-2006 гг) было проведено сравнение изменений реальных и прогностических значений среднегодовой температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге (Амиранашвили и др., 2013).

В частности было получено, что автокорреляция в рядах наблюдений Санкт-Петербурга проявляется в первых двух лагах (лаг = 1 году), а также в 14-ом лаге. В Тбилиси автокорреляция в температурном ряде практически отсутствует. Пики периодичности для Тбилиси приходятся примерно на 20 и 5 лет, тогда как для Санкт-Петербурга – 14 и 8 лет. Реальный и прогностический процесс потепления в Санкт-Петербурге более интенсивный, чем в Тбилиси. Данная работа, в которой представлен статистический анализ среднегодовой температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге в период с 1850 по 2012 гг., является продолжением предыдущего исследования (Амиранашвили и др., 2013).

Как показал анализ, статистическая структура среднегодовой температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге существенно зависит от длины ряда. Так, в отличие от указанного выше 100-летнего ряда измерений, автокорреляция в 163-х летнем ряде наблюдений для Санкт-Петербурга проявляется в первых 11 лагах и в 14-ом лаге; в Тбилиси - в первых 6 лагах, а также в 8-ом и 9-ом лагах. Пики периодичности для Тбилиси приходятся примерно на 40, 23, 12, 5 и 4 лет, а для Санкт-Петербурга – 12, 8, 5, 2 лет.

Тренды температуры воздуха в Тбилиси (Тб.) и Санкт-Петербурге (С-П) для 163-х летнего периода наблюдений удовлетворительно описываются полиномом четверной степени (рис. 1). При этом средняя за весь период наблюдений годовая температура воздуха в Тбилиси составила 13.0 °С, компонента “тренд+фон” – 11.4 °С (или 87.7 % от среднего значения), случайная компонента – 1.6 °С (или 13.3 % от среднего значения). Для Санкт-Петербурга те же параметры соответственно равны: 4.5 °С, 1.8 °С (39.3 % от среднего значения) и 2.8 °С (60.7 % от среднего значения).

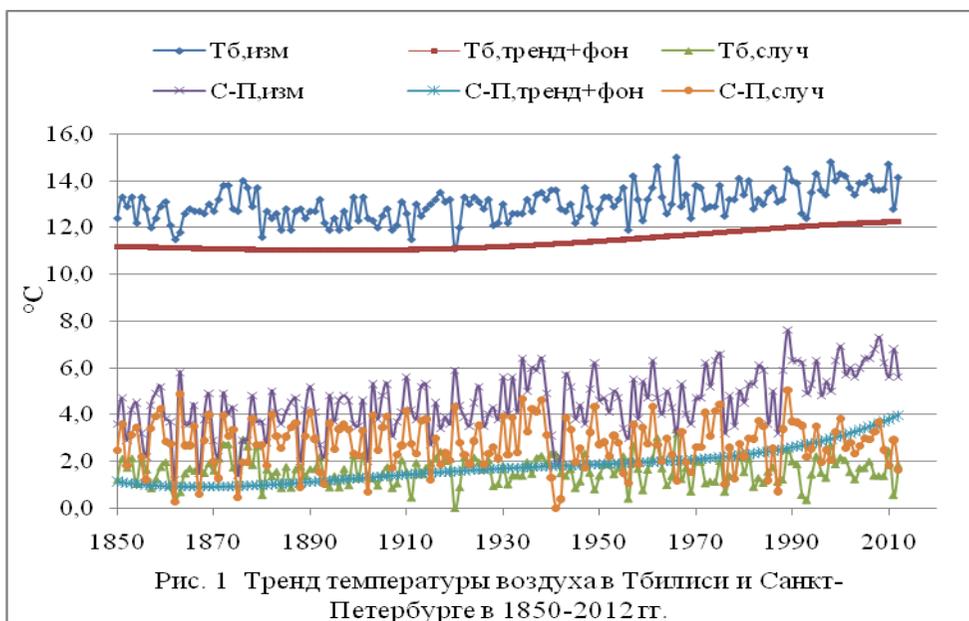


Рис. 1 Тренд температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге в 1850-2012 гг.

Рост температуры воздуха в Санкт-Петербурге происходит значительно более интенсивно, чем в Тбилиси. Так, например, в Санкт-Петербурге средняя измеренная температура воздуха в 1851-1860 гг. составляла 4.0 °С, а в 2001-2010 гг. – 6.2 °С (рост на 2.2 °С, или 48.2 % по отношению к среднему за 163 года значению). Для Тбилиси значения тех же параметров соответственно составляли 12.8 °С и 13.9 °С (рост на 1.1 °С, или всего 8.2 % по отношению к среднему за 163 года значению). Отметим также, что в Санкт-Петербурге доля случайной компоненты в изменчивости температуры воздуха гораздо выше, чем в Тбилиси.

В таблице 1 представлены данные о средних в год скоростях изменения температуры воздуха (компонента “тренд+фон”, рис. 1 ) в Тбилиси и Санкт-Петербурге в 12 различных десятилетних периодах времени.

Таблица 1

Средняя в год скорость изменения температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге в различные периоды времени (°С/год)

Годы	Тб.	С-П	Годы	Тб.	С-П	Годы	Тб.	С-П
1891-1900	0.000	0.016	1931-1940	0.011	0.009	1971-1980	0.016	0.020
1900-1910	0.003	0.016	1941-1950	0.013	0.008	1981-1990	0.015	0.032
1911-1920	0.005	0.014	1951-1960	0.014	0.009	1991-2000	0.013	0.049
1921-1930	0.008	0.012	1961-1970	0.015	0.013	2001-2010	0.009	0.073

Данные этой таблицы также демонстрируют существенную разницу в динамике роста среднегодовой температуры воздуха в указанных городах, особенно проявившуюся в последние четыре десятилетия (Тбилиси: 0.016-0.009 °C/год, тенденция к замедлению роста температуры воздуха; Санкт-Петербург: 0.020-0.073 °C/год, тенденция к сильному росту температуры воздуха).

Полученные результаты в дальнейшем предполагается использовать в различных статистических моделях долговременного прогнозирования изменчивости температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге.

## თბილისში და სანქტ-პეტერბურგში ჰაერის საშუალოწლიური ტემპერატურის სტატისტიკური სტრუქტურა 1850-2012 წწ.

*ამირანაშვილი ა., კართველიშვილი ლ., ტროფიშენკო ლ., ხუროძე თ.*

### რეზიუმე

გამოკვლეულია ჰაერის საშუალოწლიური მნიშვნელობების დროითი რიგების სტატისტიკური სტრუქტურა თბილისში და სანქტ-პეტერბურგში 1850-2012 წწ. ჩატარებულია აღნიშნული დროითი რიგების ავტოკორელაციური ანალიზი. შესწავლილია პერიოდულობა ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობაში. ჩატარებულია ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობის დინამიკის შედარება თბილისში და სანქტ-პეტერბურგში. ნაჩვენებია, რომ დათბობის პროცესი სანქტ-პეტერბურგში უფრო ინტენსიურია, ვიდრე თბილისში. მიღებული შედეგები მომავალში გათვალისწინებულია გამოყენებულ იქნას ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობის გრძელვადიანი პროგნოზირების სხვადასხვა სტატისტიკურ მოდელებში.

**საკვანძო სიტყვები:** ჰაერის ტემპერატურა, ტრენდი, კლიმატის ცვლილება

## Statistical Structure of Mean Annual Air Temperature in Tbilisi and St.-Petersburg in 1850-2012

*Amiranashvili A., Kartvelishvili L., Trofimenko L., Khurodze T.*

### Summary

The statistical structure of time series of the mean annual values of the air temperature in Tbilisi and St.-Petersburg into 1850-2012 years is investigated. The autocorrelation analysis of the indicated time series is carried out. Periodicity in the changeability of the air temperature is studied. The trends and random components in the investigated time series are revealed. Comparison of the dynamics of changeability of air temperature in Tbilisi and St.-Petersburg is carried out. It is shown that the warming process in St.-Petersburg is more intensive than in Tbilisi. Subsequently it is intended to use the obtained results in different statistical models of the lasting prognostication of the changeability of the air temperature.

**Key words:** air temperature, trend, climate change.

# Статистическая структура среднегодовой температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге в 1850-2012 гг.

*Амиранашвили А., Картвелишвили Л., Трофименко Л., Хуродзе Т.*

## Резюме

Исследована статистическая структура временных рядов среднегодовых значений температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге в 1850-2012 гг. Проведен автокорреляционный анализ указанных временных рядов. Изучена периодичность в изменчивости температуры воздуха. Выявлены составляющие трендов и случайных компонент в исследуемых временных рядах. Проведено сравнение динамики изменчивости температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге. Показано, что процесс потепления в Санкт-Петербурге более интенсивный, чем в Тбилиси. Полученные результаты в дальнейшем предполагается использовать в различных статистических моделях долговременного прогнозирования изменчивости температуры воздуха. **Ключевые слова:** температура воздуха, тренд, изменение климата.

## Литература

Амиранашвили А.Г., Картвелишвили Л.Г., Трофименко Л.Т., Хуродзе Т.В. (2013) – Статистическая оценка ожидаемых изменений температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге до 2056 года, Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. – т.119, ISSN 1512 – 0902, Тбилиси – с. 58 - 62.

Булыгина О.Н., Коршунова Н.Н., Кузнецова В.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т. (2000) - Анализ изменчивости климата на территории России в последние десятилетия., Труды ВНИИГМИ -МЦД, вып.167, с. 3-15.

Груза Г. В., Мещерская А. В. (ведущие авторы) (2008) – Изменения климата России за период инструментальных наблюдений, <http://climate2008.igce.ru/v2008/v1/v1-3.pdf>.

Amiranashvili A., Chikhladze V., Kartvelishvili L. (2009) - Expected Change of Average Semi-Annual and Annual Values of Air Temperature and Precipitation in Tbilisi. Journ. of the Georgian Geophysical Soc. Iss. (B), Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 13B, Tbilisi, pp. 50 – 54.

Amiranashvili A., Kartvelishvili L., Khurodze T. (2012) – Application of Some Statistic Methods for the Prognostication of Long-Term Air Temperature Changes (Tbilisi Case). Trans. of the International Scientific Conference Dedicated to the 90<sup>th</sup> Anniversary of Georgian Technical University “Basic Paradigms in Science and Technology Development for the 21th Century”, Tbilisi, Georgia, September 19-21, 2012, Part 2, ISBN 978-9941-20-098-4, Publishing House “Technical University”, Tbilisi, pp. 331-338, (in Russian).

Amiranashvili A., Matcharashvili T., Chelidze T. (2011-2012) - Climate change in Georgia: Statistical and nonlinear dynamics predictions. Journ. of Georgian Geophysical Soc., Iss. (A), Physics of Solid Earth, vol.15a, pp.67-87.

Tavartkiladze K., Amiranashvili A. (2008) - Expected Changes of Air Temperature in Tbilisi city. Trans. of the Institute of Hydrometeorology, vol. No 115, ISSN 1512-0902, Tbilisi, pp. 57 – 65 (in Russian).

Tavartkiladze K., Begalishvili N., Kharchilava J., Mumladze D., Amiranashvili A., Vachnadze J., Shengelia I., Amiranashvili V. (2006) - Contemporary climate change in Georgia. Regime of some climate parameters and their variability, Monograph, ISBN 99928-885-4-7, Tbilisi, 177 p. (in Georgian).