

А.Г.Амиранашвили¹, Л. Г. Картвелишвили²

¹Институт геофизики им. М. Нодиа, Грузия

²Гидрометеорологический департамент Грузии

УДК 551.582

ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТБИЛИСИ

Введение

Оценка биоклиматических характеристик местности часто производится методом эквивалентной-эффективных температур (ЭЭТ) - сочетанием одновременно наблюдаемых температуры, относительной влажности воздуха и скорости ветра, выраженное условным значением температуры, которое создает то же теплоощущение, что и неподвижный воздух при 100% относительной влажности и определенной температуре [2, 5, 7].

Существует две шкалы ЭЭТ. Основная соответствует теплоощущению обнаженного человека, находящегося в тени и принимающего воздушные ванны. Нормальная шкала ЭЭТ соответствует теплоощущению одетого по сезону человека, совершающего небольшие прогулки. В соответствие с нормальной шкалой выделяются пять основных градаций ЭЭТ: 1-8 °С – *холодно*, 9-16 °С – *умеренно холодно*, 17-22 °С – *комфортно*, 23-27 °С – *тепло*, более 27 °С – *жарко* [2].

В связи с изменением климата важно выявить тенденцию изменчивости этой важной биоклиматической характеристики. В данной работе представлены результаты статистического анализа ЭЭТ в Тбилиси в период с 1957 по 2006 гг.

Методика

В работе использованы следующие статистические параметры (с соответствующими обозначениями): Mean – среднее, Max – максимум, Min – минимум, Interv – вариационный размах, Median – медиана, St Dev – стандартное отклонение, σ_m – стандартная ошибка среднего, C_v – коэффициент вариации (%), A_s – коэффициент асимметрии, K – коэффициент эксцесса, R^2 - коэффициент детерминации, R - коэффициент линейной корреляции, R_s -коэффициент ранговой корреляции Спирмэна, R_k - коэффициент ранговой корреляции Кэндэла, R_a - коэффициент автокорреляции с лагом 1 год, K_{dw} - критерий Дарбина-Уотсона, α - уровень значимости, T – температура воздуха, U – относительная влажность воздуха, V – скорость ветра.

Доверительный интервал для среднего - $CONF$, а также его нижний $CONF_L$ и верхний $CONF_U$ уровни с заданной вероятностью определялись как без учета, так и с учетом автокорреляции в рядах наблюдений. В последнем случае для доверительного интервала вводилась поправка на значение коэффициента автокорреляции с лагом $L = 1$ год.

Известно, что временной ряд обычно представляют в виде суммы четырех компонент: тренда или долгосрочного движения; более или менее регулярных колебаний относительно тренда; сезонной компоненты; остатка или несистематического случайного эффекта. Существенным в понятии тренда является его гладкость, что на практике означает желательность его представления непрерывной и дифференцируемой функцией времени. Причем линия тренд должна иметь ярко выраженное направление во времени, либо в сторону увеличения, либо – уменьшения. Для этой цели могут использоваться различные функции в зависимости от обстоятельств [3,4,6]. Здесь необходимо отметить, что в последнее время в метеорологической литературе под термином “тренд” часто подразумевается просто статистически значимая изменчивость того или иного метеоэлемента в различные промежутки времени. В лучшем случае – представление изменчивости метеоэлемента в виде какой-либо функции времени без анализа остатков. Такой подход оправдан для изучения временных изменений метеорологических параметров в целом, но называть эти изменения трендом в классическом его смысле некорректно.

В данной работе под трендом будет подразумеваться его классическое понятие [4,6]. Так как используемые данные имеют дискретность с лагом в год, то вопрос сезонной компоненты рядов не рассматривается. На данном этапе исследований также не рассматриваются циклические колебания (это намечено сделать в дальнейшем). Поэтому временной ряд будет рассматриваться как сумма двух компонент: тренда плюс случайной и осцилляционной составляющих. В последнюю составляющую входят остатки и возможные циклические или близкие к ним колебания. Подбор функций для тренда изучаемых параметров осуществлялся путем одновременного анализа коэффициента детерминации R^2 , определяющего близость этой функции эмпирическим данным, и критерия Дарбина-Уотсона для остатков и осцилляционной составляющей, определяющего степень случайности последних. В идеальном случае при статистически значимых величинах R^2 и критерия K_{dw} , указывающего на случайность остатков, можно утверждать, что тренд выделится удовлетворительно. В тоже время по характеру кривой тренда можно сделать вывод о наличии в нем циклической составляющей для проведения в дальнейшем дополнительного анализа. При незначимых величинах R^2 тренд не выделяется и можно говорить лишь об изменчивости или стационарности исследуемого параметра. При статистически значимых величинах R^2 и незначимых величинах критерия Дарбина-Уотсона для случайности остатков можно утверждать, что тренд имеет место, но следует провести дополнительный анализ остатков на циклическую и т.д.

Отметим, что для 50-летнего ряда наблюдений критическое значение коэффициента детерминации R^2 с уровнем значимости $\alpha = 0,05$ составляет

0,092, с уровнем значимости $\alpha = 0,01 - 0,176$. Автокорреляция остатков отсутствует с уровнем значимости $\alpha = 0,05$ при $1,6 \leq K_{dw} \leq 2,4$, и с уровнем значимости $\alpha = 0,01$ при $1,4 \leq K_{dw} \leq 2,6$ [6].

Результаты

Результаты исследований представлены в таблице 1 и на рис. 1-4.

Таблица 1 Статистические характеристики среднегодовых значений T, U, V и ЭЭТ

Параметр	T	U	V	ЭЭТ
Mean	13,1	68	1,6	7,6
Min	11,9	63	0,6	4,8
Max	14,8	77	2,5	9,6
Interv	2,9	14	2,0	4,8
Median	13,1	67	1,7	7,5
St Dev	0,69	2,65	0,60	1,20
σ_m	0,10	0,38	0,09	0,17
Cv (%)	5,2	3,9	36,9	15,9
A_s	0,09	0,95	-0,18	-0,35
K	-0,29	1,52	-1,36	-0,53
95% (+/-)	0,19	0,74	0,17	0,34
R	0,16	0,46	-0,26	0,39
α для R	0,15	0,00	0,10	0,01
R_k	0,16	0,31	-0,22	0,24
α для R_k	0,10	0,01	0,02	0,15
R_s	0,22	0,44	-0,25	0,40
α для R_s	0,12	0,02	0,09	0,01
R_a	0,18	0,45	0,87	0,46
99% (+/-) CONF	0,25	0,98	0,22	0,44
99% CONF _L	12,9	66,5	1,4	7,1
99% CONF _U	13,4	68,5	1,9	8,0
99% (+/-) CONF с уч. R_a	0,30	1,58	0,84	0,73
99% CONF _L с уч. R_a	12,8	65,9	0,8	6,8
99% CONF _U с уч. R_a	13,4	69,1	2,5	8,3
K_{dw}	1,62	1,7	1,84	1,72
α для K_{dw}	0,05	0,025	0,05	0,05

В таблице 1 представлен подробный статистический анализ среднегодовых значений эквивалентно – эффективной температуры воздуха в Тбилиси в период с 1957 по 2006 гг. и ее составляющих – T, U, V.

Как следует из этой таблицы, временные ряды всех исследуемых параметров являются неслучайными и автокоррелированными (коэффициенты R , R_k , R_s и R_a значимо выше предельных значений). Иными словами, все исследуемые величины в той, или иной степени зависят от времени.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4

Анализ данных показал, что тренд температуры воздуха относительно линейный (рис. 1); тренд среднегодовых значений относительной влажности воздуха имеет вид полинома третьей степени (рис. 2); во временном ряде среднегодовых значений скорости ветра, несмотря на самую высокую автокорреляцию, тренд не выделяется, имеется изменение во времени V , описываемое полиномом пятой степени (рис. 3); тренд ЭЭТ имеет вид полинома третьей степени (рис. 4). Отметим, что значения коэффициентов регрессии соответствующих уравнений и величин R^2 представлены на указанных рисунках.

Как следует из рис. 1-4 из всех перечисленных параметров только температура воздуха имеет монотонный линейный рост. Относительная влажность интенсивно увеличивается в последние годы. Скорость ветра имеет два экстремума и минимум. Соответственно ЭЭТ вначале имела рост (с уменьшением скорости ветра), а в последние годы – уменьшение (с ростом скорости ветра). В целом же за последние двадцать лет (1987-2006 гг) по

сравнению с предыдущим двадцатилетием (1957-1976 гг) значение ЭЭТ возросло.

В таблице 2 представлена повторяемость среднемесячных значений ЭЭТ за указанные два периода времени в соответствие с градациями по нормальной шкале (%).

Таблица 2

	Тепло	Комфорт	Умеренно холодно	Холодно
1957 - 1976	0	22,5	25	52,5
1987 - 2006	0,4	24,6	26,7	48,3

Как следует из таблицы 2 в последние два десятилетия в 0,4 % случаев среднемесячное значение ЭЭТ соответствует градации *тепло* (в 1957 – 1976 гг в эту градацию значение ЭЭТ не попадало). Кроме этого, в 1987 – 2006 гг по сравнению с 1957 – 1976 гг: увеличилось количество *комфортных* месяцев (24,6 % против 22,5 %); уменьшилось количество месяцев, соответствующих градации *Холодно* (48,3 % против 52,5 %); увеличилось количество месяцев, соответствующих градации *Умеренно холодно* (26,7 % против 25 %).

Заключение

Получено, что за последние два десятилетия отмечается рост эквивалентно-эффективной температуры воздуха в Тбилиси.

ლიტერატურა–References–Литература

1. Дуброва Т.А., 2003, Статистические методы прогнозирования в экономике, М., Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права, 50 с.
2. Климат Тбилиси, 1992, под. Ред. Сванидзе Г.Г. и Папинашвили Л.К., Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 230 с.
3. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я., 1978, Климатологическая обработка метеорологической информации, Л., Гидрометеиздат, 296 с.
4. Кэндэл М., 1981, Временные ряды, М., Финансы и статистика, 200 с.
5. Русанов В.И., 1981, Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей, Томск, изд. Томского университета, 87 с.
6. Ферстер Э., Ренц Б., 1983, Методы корреляционного и регрессионного анализа, М., Финансы и статистика, 303 с.
7. Шелейховский Г.В., 1948, Микроклимат южных городов, М., 118 с.

ა.ამირანაშვილი, ლ. ქართველიშვილი

ჰაერის ეფექტური ტემპერატურის გრძელვადიანი
ვარიაციები თბილისში

ანოტაცია

ჩატარებულია ჰაერის ექვივალენტურ - ეფექტური ტემპერატურის (ჰაერის ტემპერატურის, ფარდობითი ტენიანობის და ქარის სიჩქარის კომბინაცია) ვარიაციების დაწვრილებითი სტატისტიკური ანალიზი თბილისში 1957 და 2006 წლამდე პერიოდისათვის.

А.Г.Амиранашвили, Л. Г. Картвелишвили

**Долговременные вариации эффективной температуры воздуха
в Тбилиси**

Аннотация

Проведен подробный статистический анализ вариаций значений эквивалентно-эффективной температуры воздуха (комбинация температуры, относительной влажности воздуха и скорости ветра) в Тбилиси в период с 1957 по 2006 гг.

A. Amiranashvili, L. Kartvelishvili

Long-Term Variations of Air Effective Temperature in Tbilisi

Abstract

The detailed statistical analysis of variations of air equivalent- effective temperature (combination of temperature, air relative humidity and wind speed) in Tbilisi in the period from 1957 through 2006 is carried out .