

ОСНОВНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ АТМОСФЕРЫ В Г. ТБИЛИСИ

Д. Киркитадзе

Институт геофизики им. Михаила Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе 1,
 E-mail geo@ig-geophysiczs.ge

В данной работе предлагаются результаты более детального, чем это было сделано ранее [1,2,3,4,6,7,11,12,13,14,15], статистического анализа среднемесячных значений AOD (аэрозольная оптическая толщина) в Тбилиси в различные периоды времени. Данные об AOD для Тбилиси имеются с 1928 по 1991 гг. Из этого периода времени в целях наблюдений симметрии были взяты данные для промежутка с 1931 по 1990 гг (60 лет).

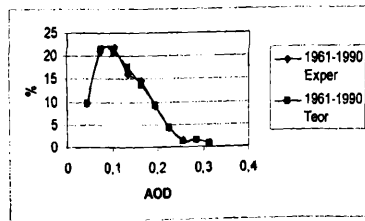
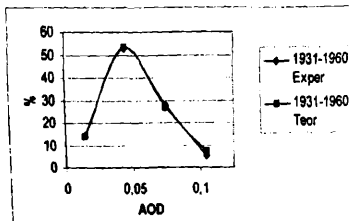
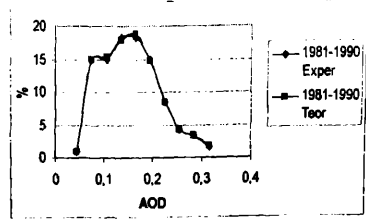
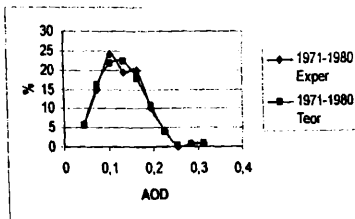
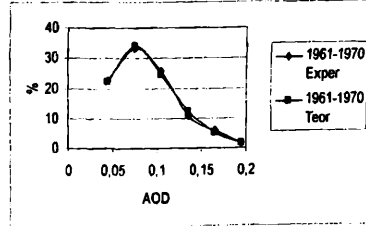
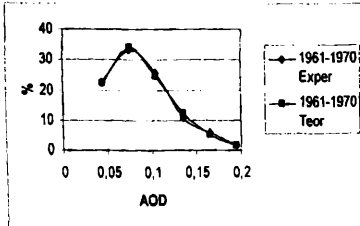
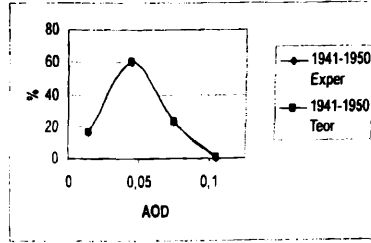
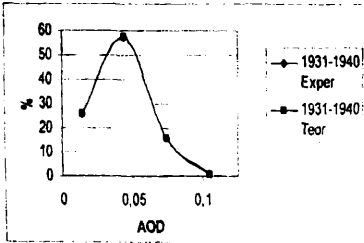
Таблица 1 Статистические характеристики среднемесячных значений аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси в различные периоды времени с 1931 по 1990г

Параметр	1931-1940	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1931-1960	1961-1990	1931-1990
Mean	0,045	0,048	0,069	0,091	0,133	0,155	0,054	0,126	0,090
Min	0,018	0,018	0,033	0,043	0,042	0,047	0,018	0,042	0,018
Max	0,097	0,090	0,113	0,188	0,325	0,324	0,113	0,325	0,325
Interv	0,079	0,072	0,080	0,145	0,283	0,277	0,095	0,283	0,307
Median	0,042	0,046	0,066	0,084	0,124	0,151	0,051	0,117	0,074
Mode	0,028	0,029	0,047	0,045	0,138	0,126	0,029	0,072	0,045
St Dev	0,018	0,017	0,019	0,035	0,051	0,060	0,021	0,056	0,056
σ_m	0,002	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,001	0,003	0,002
C_v (%)	40,0	34,5	27,4	38,3	38,2	38,4	38,5	44,4	61,8
A_s	0,27	-0,55	-0,81	0,01	0,98	-0,11	-0,46	0,56	1,55
K	0,89	0,39	0,24	0,79	0,68	0,51	0,49	0,82	1,29
Count	120	120	120	120	120	120	360	360	720

В табл.1 представлены статистические характеристики среднемесячных значений AOD для 9 различных периодов времени (6 периодов по 10 лет, 2 периода по 30 лет и 1 период за 60 лет). Как следует из этой таблицы, со временем происходил ощутимый рост значений AOD. При этом, в соответствии с критерием Стьюдента, за исключением периодов 1931-1940 и 1941-1950 гг., во всех последующих десятилетиях, по сравнению с предыдущими, происходило увеличение значений AOD. Минимальное значение AOD менялось от 0,018 в 1931-1950 гг до 0,047 в 1981-1990 гг, максимальное – от 0,090 в 1941-1950 гг до 0,325 в 1971-1980 гг, вариационный размах от 0,072 в 1941-1950 гг до 0,283 в

1971-1980 гг, медиана от 0,042 в 1931-1940 гг до 0,151 в 1981-1990 гг, мода от 0,028 в 1931-1940 гг до 0,138 в 1971-1980 гг, стандартное отклонение от 0,017 в 1941-1950 гг до 0,060 в 1981-1990 гг, стандартная ошибка от 0,001 до 0,005 в зависимости от периода осреднения, коэффициент вариации от 27,4% в 1951-1960 гг до 40% в 1931-1940 гг.

Коэффициент асимметрии меняется от 0,01 в 1961-1970 гг до 1,55 в 1931-1990 гг, коэффициент эксцесса - от 0,24 в 1951-1960 гг до 1,29 в 1931-1990 гг. Теоретические значения стандартного отклонения коэффициента асимметрии для 10, 30 и 60 - летних среднемесячных рядов наблюдений соответственно составляют 0,22; 0,13 и 0,09. То же самое для коэффициента эксцесса - соответственно 0,45; 0,26 и 0,18. Таким образом, как видно из табл. 1, теоретические значения коэффициентов стандартных отклонений эксцесса и асимметрии ни в одном из промежутков времени не превышают абсолютных



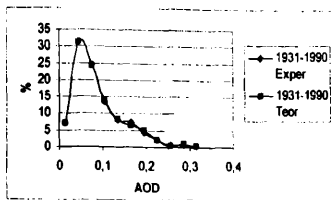


Рис 1. Функции распределения среднemesячных значений аэрозольной оптической толщи атмосферы в г. Тбилиси. Экспериментальные и расчётные значения.

Рис. 1. значений A_s и K . Это значит, что функции распределения AOD не являются нормальными для всех указанных выше 9 периодов времени.

Последнее наглядно иллюстрируется на рис.1, на котором представлены экспериментальные и теоретические кривые функций распределения AOD для указанных выше 9 промежутков времени. Для лучшей сравнимости функций распределения AOD, в различные промежутки времени для них был выбран один и тот же шаг – 0,030. Соответствующие математические выражения для этих функций приведены в табл.2. Сравнение их теоретических и экспериментальных значений проводилось с использованием критерия согласия хи-квадрат. Достоверность согласия между расчетными и экспериментальными значениями получилась не хуже 75%. Это хорошо видно из рисунков, на которых в большинстве случаев теоретические и экспериментальные кривые практически сливаются друг с другом.

В различные периоды времени функции распределения среднemesячных значений AOD имеют один и тот же вид – положительно асимметричный (рис. 1), хотя математические выражения этих функций различны (таб.2). Так, в 1931-1940, 1941-1950 и 1951-1960 гг эти функции имеют экспоненциальный вид с показателем экспоненты в виде полинома второй степени функцией с максимумами AOD, соответственно, по десятилетиям в диапазонах 0,030-0,060; 0,030-0,060; и 0,060-0,090. В целом же за этот период времени (1931-1961 гг) функция распределения AOD описывается измененной гамма-функцией с максимумом AOD в диапазоне 0,030-0,060.

Таблица 2. Функции распределения среднemesячных значений аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси в различные периоды времени с 1931 по 1990 гг. Шаг $\tau_a = 0,030$

Годы	Функция распределения	Диапазон τ_a	$P(\alpha)$ не хуже
1931-1940	$P(\tau_a) = \exp(2,069263 + 96,23741 \tau_a - 1159,66 \tau_a^2)$	0.015-0.105	90%
1941-1950	$P(\tau_a) = \exp(1,329293 + 117,3471 \tau_a - 1241,88 \tau_a^2)$	0.015-0.105	75%
1951-1960	$P(\tau_a) = \exp(1,342546 + 82,45449 \tau_a - 664,08 \tau_a^2)$	0.045-0.135	90%
1961-1970	$P(\tau_a) = (1,71E+08) \tau_a^{4,262} \exp(-58,56797 \tau_a)$	0.045-0.195	95%
1971-1980	$P(\tau_a) = -1190748 \tau_a^6 + 859537,1 \tau_a^5 - 167367 \tau_a^4 + 1028,357 \tau_a^3 - 115,949 \tau_a^2 + 441,6443 \tau_a - 13,5109$	0.045-0.315	95%
1981-1990	$P(\tau_a) = 61594266 \tau_a^7 - (8,8E+07) \tau_a^6 + 51367133 \tau_a^5 - (1,6E+07) \tau_a^4 + 2715856 \tau_a^3 - 262539 \tau_a^2 + 13210,07 \tau_a - 253,653$	0.045-0.315	99%
1931-1960	$P(\tau_a) = (1,02E+08) \tau_a^{3,47} \exp(-82,25756 \tau_a)$	0.015-0.105	75
1961-1990	$P(\tau_a) = -5001143 \tau_a^6 + 5591754 \tau_a^5 - 2502406 \tau_a^4 + 576481,7 \tau_a^3 - 72692,8 \tau_a^2 + 4678,202 \tau_a - 96,9088$	0.045-0.315	99%
1931-1990	$P(\tau_a) = -6458059 \tau_a^6 + 7231582 \tau_a^5 - 3188204 \tau_a^4 + 697626,2 \tau_a^3 - 77601,6 \tau_a^2 + 3814,144 \tau_a - 34,8868$	0.015-0.315	85%

В период с 1961 по 1970 гг. функция распределения AOD также описывается измененной гамма-функцией с максимумом AOD в диапазоне 0,060-0,090 . Затем, в 1971-1980 и 1981-1990 гг., соответственно, полиномами шестой и седьмой степени с максимумами AOD, соответственно, в диапазонах 0,090-0,120 и 0,150-0,180 . В 1961-1990 и 1931-1990 гг эти функции имеют вид полиномов шестой степени с максимумами AOD соответственно в диапазонах 0,090-0,120 и 0,030-0,060 . Отметим, что в работе [12] функция распределения среднемесячных значений AOD для периода времени с 1966 по 1985 гг была представлена в виде измененной гамма-функции. В целом эту функцию можно использовать и для всех 9 указанных выше (рис.1, табл.2) промежутков времени. Однако, как показал анализ с использованием критерия хи-квадрат, функции распределения, представленные в табл. 2, дают лучшее согласие с экспериментальными данными.

Значительные временные изменения уровня загрязненности атмосферы в Тбилиси свидетельствуют о наличии автокоррелированности в рядах наблюдений за аэрозольной оптической толщиной атмосферы. В предыдущих исследованиях подобный анализ не проводился, хотя эти исследования имеют важное значение для определения наличия трендов в рядах наблюдений AOD , уточнения доверительного интервала их средних значений с поправкой на автокорреляцию и др.

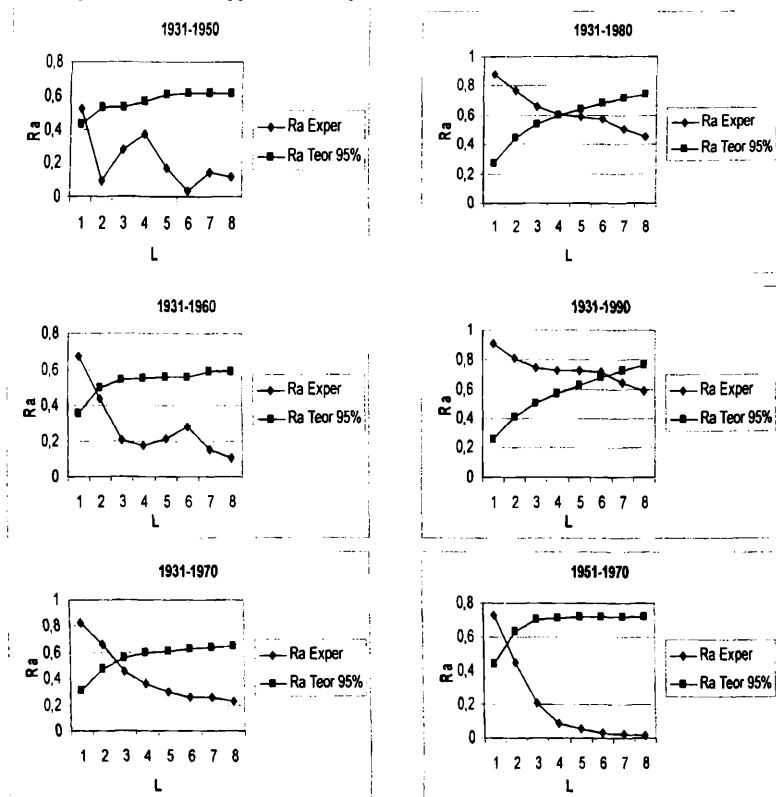


Рис.2. Автокорреляционная функция среднегодовых значений аэрозольной оптической толщины атмосферы вТбилиси в различные периоды наблюдений. L—лаг в годах

Анализ рядов среднегодовых значений аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси различной длительности на наличие в них автокорреляции показал следующее. В период с 1931-1945 гг. в ряде среднегодовых значений AOD автокорреляция отсутствует. Затем, в ряде наблюдений 1931-1950 гг автокорреляция появляется и присутствует во всех дальнейших рядах по мере возрастания годов (1931-1950 гг, 1931-1960 гг, ..., 1931-1990 гг.). Внутри двадцатилетних периодов наблюдений: 1931-1950, гг. 1951-1970 гг , 1971-1990 гг. – автокорреляция отсутствует только в последнем из них (1971-1990 гг). Примеры этих автокорреляционных функций представлены на рис.2. На этих же рисунках приведены теоретические значения автокорреляционных функций с уровнем достоверности 95%. Автокорреляция имеет место, если расчетное значение R_a выше теоретически возможного.

Как следует из рис.2 по мере роста длительности ряда усиливается и автокоррелированность в них среднегодовых значений AOD. Так, если в периоды времени 1931-1950 гг. и 1931-1960 гг. автокорреляция обнаруживалась только в первом лаге (лаг равен одному году), то в 1931-1970 гг, 1931-1980гг. и 1931-1990 гг.. автокорреляция соответственно обнаруживалась в первых двух, четырех и шести лагах. В период 1951-1970 гг автокорреляция в ряде наблюдений за среднегодовым значением AOD имела в первом лаге.

Во втором тридцатилетнем ряде наблюдений 1961-1990 гг. также, как и в ряде 1931-1960 гг. автокорреляция наблюдалась в первом лаге. В шести последовательных десятилетних рядах наблюдений за среднегодовыми значениями AOD автокорреляция имела место только в период 1961-1970 гг (в первом лаге). Результаты анализа рядов наблюдений на автокоррелированность позволили внести поправки в значения доверительных интервалов для среднегодовых величин AOD в Тбилиси в различные промежутки времени [146], данные о которых представлены в табл. 3.

Табл. 3. Средние значения аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси и их доверительные интервалы без учета ($CONF_1$) и с учетом ($CONF_2$) автокорреляции в рядах наблюдений для 9 различных периодов времени

Годы	Mean	St Dev	$CONF_1(+/-)$ 95%	R_a $L = 1$	$CONF_2(+/-)$ 95%
1931-1940	0,045	0,0147	0,010	0	0,010
1941-1950	0,048	0,0124	0,008	0	0,008
1951-1960	0,069	0,0099	0,006	0	0,006
1961-1970	0,091	0,0214	0,014	0,72	0,035
1971-1980	0,133	0,0159	0,010	0	0,010
1981-1990	0,155	0,0241	0,016	0	0,016
1931-1960	0,054	0,0163	0,006	0,68	0,013
1961-1990	0,126	0,0338	0,012	0,75	0,032
1931-1990	0,090	0,0451	0,011	0,905	0,051

Как следует из табл.3, наличие автокорреляции в рядах наблюдений оказывает существенное влияние на значение доверительного интервала для средних годовых значений AOD. Так, в 1961-1970 гг доверительный интервал для среднегодового значения AOD, равного 0,091, без учета автокорреляции составляет $\pm 0,014$, а с учетом автокорреляции - $\pm 0,035$. Те же значения, соответственно, для 1931-1960гг., 1961-1990гг. и 1931-1990гг. составляют: без учета автокорреляции $0,054 \pm 0,006$, $0,126 \pm 0,012$ и $0,090 \pm 0,011$, а с учетом автокорреляции - $0,054 \pm 0,013$, $0,126 \pm 0,032$ и $0,090 \pm 0,051$. Отметим, что в случае 99% уровня достоверности диапазон изменения доверительных интервалов следует увеличить в 1,3 раза. Таким образом, при изучении подобного указанного выше ряда наблюдений проведение анализа его автокоррелированности весьма существенно. Поэтому в дальнейшем

предусмотрено продолжение этих исследований для среднемесячных, среднесезонных и среднегодовых рядов аэрозольной оптической толщи атмосферы как для Тбилиси, так и других пунктов Грузии с длительным рядом наблюдений за АОД (Телави, Цалка, Анасеули, Сенаки, Сухуми).

В заключение отметим, что усиление автокоррелированности в ряде наблюдений среднегодовых значений АОД, по мере увеличения числа лет, в ряде хорошо согласуется с обнаруженным ранее фактом линейного роста уровня загрязненности атмосферы в Тбилиси с 1928 до середины шестидесятых годов и затем его экспоненциального роста до середины восьмидесятых годов прошлого столетия [2,7].

Литература

1. ამირანაშვილი ვ. – ატმოსფერული აეროზოლების გავლენა მზის პირდაპირ რადიაციაზე საქართველოში, დისერტაცია ფიზ.-მათ. მეცნ. კანდ. ხარ. მოსაპ., თბილისი, 1998, 1-142.
2. ბეროშვილი ლ. – ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების თავისებურებანი თბილისში, დისერტაცია ვეოგრაფიი მეცნ. კანდ. ხარ. მოსაპ., თბილისი, 1999, 1-129.
3. თავართქილაძე კ., ბეგალიშვილი ნ., ხარჩილავა ჯ., მუმლაძე დ., ამირანაშვილი ა., ეანაძე ჯ., შენგელია ი., ამირანაშვილი ვ. – ჰაერის თანამედროვე ცვლილება საქართველოში. ჰაერის განსამღვრელი ზოგიერთი პარამეტრის რეჟიმი და მისი ცვალებადობა, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, მონოგრაფია, 1-100
4. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Gzirishvili T.G., Kharchilava J.F., Tavartkiladze K.A. – Modern Climate Change in Georgia. Radiatively Active Small Atmospheric Admixtures, Institute of Geophysics, Monograph, 1-128. (in press).
5. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Kirkitadze D.D, Tavartkiladze K.A. - Some results of investigation of variations of the atmospheric aerosol optical depth in Tbilisi , Proc. 16th International Conference on Nucleation&Atmospheric Aerosols, Kyoto, Japan, 26-30 July 2004, 416-419 .
6. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Tavartkiladze K., Sajaia E. – Some peculiarities of atmospheric pollution in Georgia, Bull. of the National Climate Res. Centre, Tbilisi, No 5(E), 1997, 41-47.
7. Борошвили Л.И. – Особенности загрязнения атмосферы над Тбилиси, Сообщ. АН ГССР, 1988, т. 132, No 3, 541 – 543.
8. Борошвили Л.И., Таваркиладзе К.А. – О внутригодовых вариациях загрязнения атмосферы над Тбилиси, Сообщ. АН ГССР, 1989, т. 136, No 1, 81 – 84.
9. Киркитадзе Д.Д. – Некоторые характеристики аэрозольного загрязнения атмосферы в Тбилиси, депонировано, 2004.
10. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я. – Климатологическая обработка метеорологической информации, Л., Гидрометеиздат, 1978, 1-296.
11. Таваркиладзе К.А. – Моделирование аэрозольного ослабления радиации и методы контроля загрязнения атмосферы, Тбилиси, Мешниереба, 1989, 1-203.
12. Таваркиладзе К.А., Борошвили Л.И. – Статистическая структура атмосферного загрязнения над Тбилиси, Сообщ. АН ГССР, 1990, т. 139, No 3, 493 – 496.
13. Таваркиладзе К.А., Саджая Э.В. –Атмосферное загрязнение над Колхидской низменностью, Сообщ. АН ГССР, 1990, т. 124, No 3, 549 – 552.
14. Таваркиладзе К.А., Саджая Э.В. – Некоторые особенности загрязнения атмосферы над Грузией, Сообщ. АН ГССР, 1990, т. 140, No 1, 77 – 80.
15. Таваркиладзе К. А – Влияние водяного пара на прозрачность безоблачной атмосферы, Метеорология и гидрология, 1982. No 11, 52-59.

აგმოსფერული აეროზოლების ოპტიკური სისქის ძირითადი სტატისტიკური მახასიათებლები ქ. თბილისში

დ. კირკიტაძე

რეზიუმე

წარმოდგენილია ქ. თბილისში აგმოსფერული აეროზოლების ოპტიკური სისქის (AOD) საშუალოთიური მნიშვნელობების სტატისტიკური მახასიათებლების ანალიზი დროის სხვადასხვა პერიოდისათვის.

ანალიზმა აჩვენა, რომ ყველა პერიოდისთვის ასიმეტრიის და ექსცესის კოეფიციენტების სტანდარტული გადახრის თეორიული მნიშვნელობები არ აღემატება

A_s და K -ს აბსოლუტურ მნიშვნელობებს, რაც იმას ნიშნავს, რომ AOD-ს განაწილების ფუნქცია არ არის ნორმალური.

ნაჩვენებია, რომ AOD -ს განაწილების ფუნქცია შეიძლება აღიწეროს შეცვლილი გამა-ფუნქციით.

Основные статистические характеристики аэрозольной оптической толщи атмосферы в г. Тбилиси

Д. Киркитадзе

Реферат

В работе предложен детальный статистический анализ среднемесячных значений аэрозольной оптической толщи атмосферы (AOD) в Тбилиси для различных периодов времени. В результате анализа получено, что ни в одном из промежутков времени теоретические значения стандартных отклонений коэффициентов асимметрии и эксцесса не превышают абсолютных значений A_s и K это значит, что функция распределения AOD не является нормальной для всех указанных 9 периодов времени.

Показано, что функция распределения AOD описывается измененной гамма-функцией.

Main statistical characteristics of optical thickness of the atmospheric aerosols in Tbilisi

D. Kirkitadze

Abstract

Analysis of statistical characteristics of monthly averaged values of optical thickness of the atmospheric aerosols (AOD) in Tbilisi for different time periods is proposed.

Analysis has shown that for all the periods theoretical values of standard inclination of asymmetry and excess coefficients do not exceed absolute values of A_s and K . This means, that AOD distribution function is abnormal.

It is shown, that AOD distribution function can be described by the modified gamma function.