

УДК 551.510.42

ДИНАМИКА АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В ТБИЛИСИ И КИСЛОВОДСКЕ

Амиранашвили А.Г.*, Таварткиладзе К.А**, Кириленко А.А.***, Кортунова З.В.***,
 Поволоцкая Н.П.***, Сеник И.А.****

*Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им И. Джавахишвили

**Институт географии им. Вахушти Багратиони Тбилисского государственного университета им И. Джавахишвили

***ФГБУ «Пятигорский государственный научно-исследовательский институт курортологии федерального медико-биологического агентства»

****ФГБУН Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН

Одними из важных характеристик аэрозольного загрязнения атмосферы являются аэрозольная оптическая толщина атмосферы (АОТ) и коэффициент прозрачности атмосферы (КП) [1-3]. Коэффициент прозрачности атмосферы определяется по данным актинометрических измерений прямой солнечной радиации [2]. В Грузии в Институте географии им. Вахушти Багратиони проф. Таварткиладзе К.А. была разработана методика определения аэрозольной оптической толщи атмосферы по тем же самым актинометрическим наблюдениям [2]. Существенным преимуществом этих методов является простота измерений и возможность получения длинных временных рядов об уровнях аэрозольного загрязнения атмосферы путем использования реальных и архивных данных.

Так, например, в Грузии была исследована динамика общего аэрозольного загрязнения атмосферы за несколько десятков лет, построены карты распределения АОТ по территории Грузии для различных пятилетних периодов времени [4-9], изучено влияние относительной влажности на уровень аэрозольного загрязнения атмосферы [10-11], исследовано влияние аэрозолей на режим солнечной радиации [12] и др. Особое внимание уделялось изучению долговременных вариация общего аэрозольного загрязнения атмосферы в Тбилиси, эффектам антропогенного воздействия на уровень загрязненности воздуха, определению связей между АОТ и концентрацией аэрозолей в приземном слое атмосферы [13-15].

Ввиду того, что АОТ не является чисто локальной характеристикой загрязненности воздуха (хотя местные эффекты индустриального воздействия и играют важную роль в изменчивости АОТ), между уровнями общего аэрозольного загрязнения атмосферы в различных регионах Грузии имеется достаточно высокая корреляционная связь [8]. Таким образом, даже по одному пункту измерения можно судить об уровнях загрязненности атмосферы на расстоянии нескольких десятков и сотен километров от этого пункта.

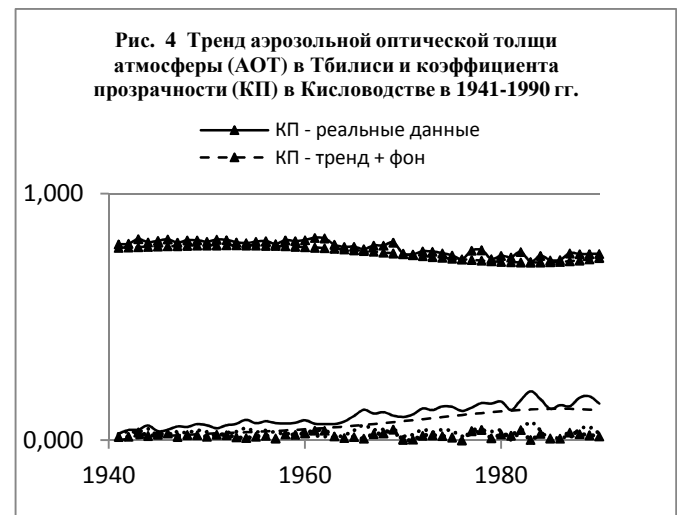
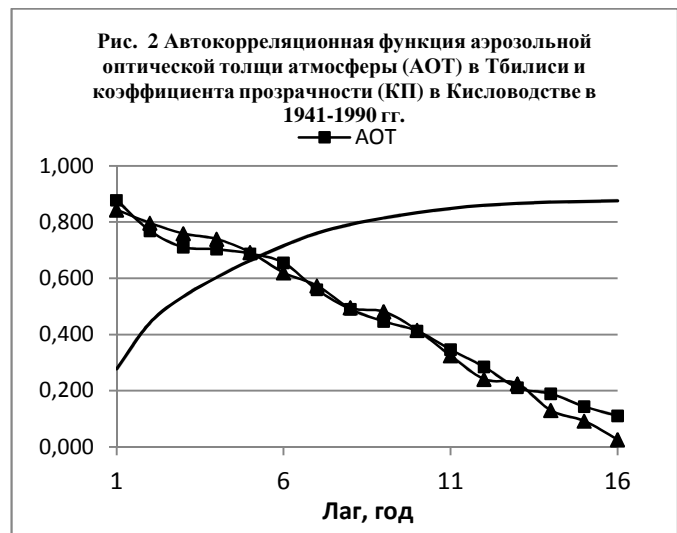
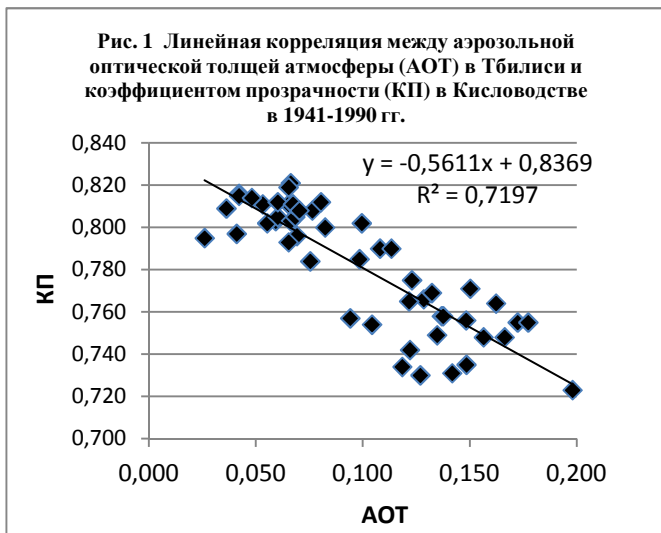
В связи с указанным, представляет интерес исследовать динамику аэрозольного загрязнения атмосферы в Грузии и за пределами Большого Кавказского хребта. Ниже представлены результаты сравнительного анализа изменчивости среднегодовых значений аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси и коэффициента прозрачности в Кисловодске за 50-летний период времени с 1941 по 1990 гг. В работе были использованы статистические методы анализа неслучайных временных рядов [16].

Результаты сравнительного анализа представлены в таблице и на рис. 1-4.

Как следует из рис. 1 между измеренными параметрами загрязнения атмосферы в Тбилиси и Кисловодске отмечается высокая отрицательная линейная корреляция, равная – 0.85. Такого-же порядка значение коэффициентов корреляции между наблюдаемыми значениями аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси, Телави, Цалке, Сенаки, Анасеули и Сухуми (пункты актинометрических измерений в Грузии во времена Советского Союза) [8]. Так, например, значения коэффициента корреляции по величинам АОТ между Тбилиси и указанными выше пунктами измерений меняются в диапазоне 0.82-0.92.

Таблица. Коэффициенты уравнения регрессии тренда аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси и коэффициента прозрачности в Кисловодске в 1941-1990 гг.

Город	Уравнение регрессии $Y = a \cdot X^4 + b \cdot X^3 + c \cdot X^2 + d \cdot X + e$						
	Коэфф. множ. детерминации	Критерий Дарбина-Уотсона	a	b	c	d	e
Тбилиси, АОТ	0.9	1.54	-0.000000145	0.0000132	-0.00036	0.005443	-0.0046
Кисловодск, КП	0.852	1.95	0.000000109	-0.00000738	0.000059	0.001088	0.780



На рис. 2 представлена автокорреляционная функция аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси и коэффициента прозрачности в Кисловодске. Как следует из этого рисунка для обоих пунктов автокорреляция в рядах наблюдения проявляется в пяти лагах (лаг=1 году). Это, по всей видимости, связано с тем, что в Тбилиси (город с высоким уровнем индустриального загрязнения атмосферы) и Кисловодске (курортный город с относительно чистой атмосферой) на уровень общего загрязнения атмосферы помимо местных факторов оказывали существенное влияние внешние, из года в год усиливающиеся внешние (глобальные) факторы загрязнения воздуха (интенсивный рост промышленности в бывшем СССР, Европе, Азии и др.).

На рис. 3 представлена периодограмма аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси и коэффициента прозрачности атмосферы в Кисловодске. Как видно из рис. 3 пики периодичности общего уровня загрязнения атмосферы для обоих пунктов близки друг к другу и примерно составляют 5 лет.

На рис. 4 изображены данные реальных измерений АОТ в Тбилиси и КП в Кисловодске, а также кривые тренд+фон и случайных составляющих аэрозольной оптической толщи атмосферы и коэффициента прозрачности атмосферы. В таблице представлены значения коэффициентов регрессии тренда для обоих пунктов.

Уравнение регрессии для обоих городов имеет вид полинома четверной степени. Следует отметить, что коэффициент линейной корреляции между случайными компонентами временных рядов АОТ и КП равен примерно 0.06 (незначимая корреляция). В Грузии значения коэффициента корреляции по значениям случайной составляющей временного ряда АОТ между Тбилиси и указанными выше 5 пунктами измерений (Телави и т.д.) менялись в диапазоне 0.46-0.61 (значимая корреляция). То есть, высокая корреляция по уровню аэрозольного загрязнения атмосферы между Тбилиси и Кисловодском главным образом обусловлена переменными составляющими трендов АОТ и КП, имеющими сходную динамику. Здесь же следует отметить, что доля слу-

чайной составляющей от реальных значений АОТ в Тбилиси в среднем составляет 32.4 %, тогда как то же самое в Кисловодске для КП – всего лишь 2.6 %. То есть в Кисловодске, в отличие от Тбилиси, роль случайной составляющей тренда КП в ее изменчивости чрезвычайно мала. В дальнейшем нами предусмотрено провести подобный сравнительный анализ изменчивости КП в Кисловодске и АОТ в остальных пяти указанных выше бывших актинометрических пунктах наблюдений.

Таким образом, в целом динамика аэрозольного загрязнения общей толщи атмосферы в Тбилиси и Кисловодске мало отличается друг от друга. Результаты работы могут найти применение для долговременной прогностической оценки аэрозольного загрязнения атмосферы методами математической статистики. Кроме этого, учитывая, что в отличие от России, с начала девяностых годов прошлого столетия по настоящее время в Грузии Гидрометеорологической службой регулярные актинометрические наблюдения не ведутся (исключением являются не обсерваторские измерения прямой солнечной радиации в Тбилиси в Институте геофизики им. М.Нодия, проводимые с июня 2009 г. по сей день [17]) в будущем по данным о коэффициенте прозрачности в Кисловодске можно будет восстановить значения аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси и других бывших актинометрических пунктах наблюдения за последние 20 лет.

ლიტერატურა-REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА

1. Таваркиладзе К.А. – Моделирование аэрозольного ослабления радиации и методы контроля загрязнения атмосферы. Мецниереба, Тбилиси, 1989, 203 с.
2. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Tavartkiladze K., Laulainen N. – Monitoring of Aerosol Pollution in Georgia. Trans. of the Institute of Hydrometeorology of Acad. of Sc. of Georgia, ISSN 1512-0902, vol. 108, Tbilisi, 2002, pp. 19-23, (in Georgian).
3. Кортунова З.В., Поволоцкая Н.П. – Многолетний ход оптической прозрачности атмосферы в Кисловодске. Сб. докл. Второй межд. конф. “Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов”, Кисловодск, 8-14 октября, 2000, 92 – 94.
4. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Tavartkiladze K. – Dynamics of the aerosol pollution of the atmosphere in Georgia in 1956-1990. J.Aerosol Sci, Pergamon, vol.30, Suppl.1, 1999, S667-S668.
5. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Khurodze T., Tavartkiladze K., Tsitskishvili M. - Some Characteristics of the Aerosol Pollution of the Atmosphere Over the Territory of Kakheti in the Warm Season. Proc.Int.Conf. Dedicated to Memory of Prof.A.Sutugin, Moscow, Russia, June 26-30, 2000, 128-129.
6. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Tavartkiladze K., Gabedava V. – Spatil-temporary Characteristics of the Aerosol Pollution of the Atmosphere in Georgia. Proc. 1st Int. Conf. on Ecology and Environmental Management in Caucasus, Georgia, October 6-7, Tbilisi, 2001, 57-58.
7. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Tavartkiladze K. – Some Characteristics of the Aerosol Pollution of Atmosphere in Eastern Georgia. Proc. 3-rd Int. Conf. "State and the Conservation of Air Pond and Water-Mineral Resources of Health Resort-Recreational Regions", Kislovodsk, 21-24 April 2003, pp. 17-18, (in Russian).
8. 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, Trans. of M.Nodia Institute of Geophysics of Georgian Acad. of Sci., ISSN 1512-1135, vol. LIX, Tbilisi, 2005, 128 p.
9. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Kharchilava J., Mumladze D., Amiranashvili A., Vachnadze J., Shengelia I., Amiranashvili V. – Contemporary Climate Change in Georgia. Regime of Some Climate Parameters and their Variability. Georgian Acad. of Sc., Inst. of Geography, Geophysics and Hidrometeorology, Monograph, ISBN 99928-885-4.7, Tbilisi, 2006, 177 p., (in Georgian).
10. Tavartkiladze K, Shengelia I., Amiranashvili A., Amiranashvili V. – The influence of relative humidity on the optical properties of atmospheric aerosols. J.Aerosol Sci, Pergamon, vol.30, Suppl.1, 1999, S639-S640.
11. Tavartkiladze K.A., Amiranashvili A.G. - The Influence of Relative Humidity on the Changeability of the Atmospheric Aerosol Optical Depth. Proc. 17th Int. Conf. on Nucleation & Atmospheric Aerosols, Galway, Ireland, 13-18 August 2007, pp. 761-765.
12. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Tavartkiladze K.- Aerosol Pollution of the Atmosphere and Its Influence on Direct Solar Radiation in Some Regions of Georgia. Proc.15th Int. Conf. on Nucleation and Atmospheric Aerosols, Rolla, Missouri, USA, 2000, August, 6-11, AIP, Conference Proc., vol.535, Melville, New York, 2000, pp. 605-607.

13. 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 Int. Conf. on Nucleation&Atmospheric Aerosols, Kyoto, Japan, 26-30 July 2004, pp. 416-419.
14. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Kirkitadze D.D., Tavartkiladze K.A. - Connection Between Atmospheric Aerosol Optical Depth and Aerosol Particle Number Concentration in the Air in Tbilisi. Proc. 17th Int. Conf. on Nucleation&Atmospheric Aerosols, Galway, Ireland, 13-18 August 2007, pp. 865-870.
15. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Kirkitadze D.D., Tavartkiladze K.A. - Weekly Distribution of the Aerosol Pollution of the Atmosphere in Tbilisi. Proc. 17th Int. Conf. on Nucleation&Atmospheric Aerosols, Galway, Ireland, 13-18 August 2007, pp. 756-760.
16. Kendall M.G. - Time-series, Moscow, 1981, 200 p., (in Russian).
17. ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ. – ფოტოქიმიური სმოგი თბილისში. მონოგრაფია, ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტ. LXIII, თბილისი, 2012, 160 გვ.

უაკ 551.510.42

ატმოსფეროს აეროზოლური ღაბიბაშრბის დინამიკა თბილისში და კისლოვოდსკში / ამირანაშვილი ა., თავართქილაძე კ., კირილენკო ა., კორტუნოვა ზ., პოვოლოცკაია ნ., სენიკი ი./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013. -ტ. 119. - გვ.212-215- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

შესწავლილია თბილისში ატმოსფეროს აეროზოლური ოპტიკური სისქის და კისლოვოდსკში ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტის მნიშვნელობების დროითი რიგების სტატისტიკური სტრუქტურა 1941-1990 წწ. აღნიშნულ პარამეტრებს შორის აღინიშნება მაღალი წრფივი კორელაცია (-0.85). ატმოსფეროს დაბინძურების სტატისტიკური სტრუქტურა და დინამიკა (მეოთხე ხარისხის პოლინომები) ორივე ქალაქში ერთმანეთისაგან მცირედ განსხვავდება. იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველოში გასული საუკუნის 90-ნი წლების შემდეგ რეგულარული აქტინომეტრული დაკვირვებები აღარ წარმოებს, მომავალში შესაძლებელია ატმოსფეროს აეროზოლური ოპტიკური სისქის მნიშვნელობების აღდგენა თბილისში კისლოვოდსკში ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტის მნიშვნელობების მიხედვით ბოლო 20 წლის განმავლობაში.

UDC 551.510.42

DYNAMICS OF THE AEROSOL POLLUTION OF ATMOSPHERE IN TBILISI AND KISLOVODSK / Amiranashvili A., Tavartkiladze K., Kirilenko A., Kortunova Z., Povolotskaia N., Senik I./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. - т.119. – pp.212-215. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The statistical structure of time series of the values of the aerosol optical thickness of the atmosphere in Tbilisi and coefficient of transmission of the atmosphere in Kislovodsk in the period from 1941 through 1990 is studied. High linear correlation (-0.85) is noted between the indicated parameters. Statistical structure and dynamics of the pollution of atmosphere in both cities differs little from each other (polynomials of the fourth power). Taking into account that in Georgia after the beginning of the ninetieth years of past century the regular actinometric observations were not conducted, in the future is possible the restoration of the values of the aerosol optical thickness of the atmosphere in Tbilisi in the last 20 years according to the data about the transmission coefficient in Kislovodsk.

УДК 551.510.42

ДИНАМИКА АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В ТБИЛИСИ И КИСЛОВОДСКЕ / Амиранашвили А.Г., Таварткиладзе К.А., Кириленко А.А., Кортунова З.В., Поволоцкая Н.П., Сеник И.А./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. -2013. – т.119. – с.212-215. – Рус.; Рез. Груз., Англ., Рус.

Изучена статистическая структура временных рядов значений аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси и коэффициента прозрачности атмосферы в Кисловодске в период с 1941 по 1990 гг. Между указанными параметрами отмечается высокая линейная корреляция (-0.85). Статистическая структура и динамика загрязнения атмосферы в обоих городах мало отличается друг от друга (полиномомы четвертой степени). Учитывая, что в Грузии после начала девяностых годов прошлого столетия регулярные актинометрические наблюдения не проводились, в будущем возможно восстановление значений аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси за последние 20 лет по данным о коэффициенте прозрачности в Кисловодске.