

УДК 551.510.42

## СУБМИКРОННЫЕ АЭРОЗОЛИ В АТМОСФЕРЕ ТБИЛИСИ

Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Никифоров Г.В., Чанкветадзе А.Ш.

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

### Введение.

Исследование атмосферных аэрозолей имеет как важное научное, так и практическое значение. Атмосферные аэрозоли влияют на климат (режим солнечной радиации, облачности, осадков и др.), экологическую ситуацию окружающей среды и т.д. Учитывая важность указанных выше проблем исследованиям атмосферного аэрозоля в Грузии, как и в других странах, уделялось и уделяется особое внимание. Целый ряд организаций в течение нескольких десятилетий занимались и занимаются теоретическими и экспериментальными исследованиями физических, химических, оптических, медико-биологических и других свойств атмосферного аэрозоля начиная с приземного слоя и кончая стратосферой и средней атмосферой (Институт геофизики им. М. Нодиа, Институт гидрометеорологии, Тбилисский государственный университет, Гидрометеорологический департамент Грузии, Институт географии им. Вахушти Багратиони, Абастуманская астрофизическая обсерватория, Институт гигиены и санитарии и др.).

В частности, в Институте геофизики им. М.Нодиа имеются давние традиции изучения атмосферного аэрозоля. В институте проводились наземные и самолетные (свободная атмосфера и облака) исследования весовой и счетной концентрации аэрозолей, лабораторные эксперименты по вымыванию аэрозолей искусственным дождем [1-4]. Ряд работ был проведен совместно с Институтами гидрометеорологии и географии им. Вахушти Багратиони: оценка загрязнения приземного слоя воздуха в Тбилиси в различные годы [5,6], выявление влияния загрязнения атмосферы на режим осадков в Алазанской долине [7], климатические эффекты аэрозольного загрязнения атмосферы в Грузии [8,9] и др.

В последние годы в Институте геофизики особое внимание стало уделяться вопросам формирования и трансформации фотохимического смога в Тбилиси, одной из важнейших составляющих которого является субмикронный аэрозоль, получаемый из газов путем фотохимических реакций (так называемый «вторичный аэрозоль») [10-13]. Данная работа является продолжением указанных исследований.

### Методика.

Содержание общего количества субмикронных аэрозолей диаметром  $\geq 0.1$  мкм измерялось с использованием прибора ФАН, работающего в счетном режиме, 4 раза в день, в 9, 12, 15 и 18 час (в зимнее время – в 17 час). Время измерения составляло 1 мин. Указанные измерения проводились на высоте 3 этажа термобарокамеры (8 метров над уровнем почвы,  $41.754^\circ$  с.ш.,  $44.927^\circ$  в.д, высота 450 м над ур. моря). В работе представлены данные исследований 2010-2011 гг.

### Результаты.

Результаты исследований представлены в табл. 1 и рис. 1-3.

В таблице представлены статистические характеристики концентрации субмикронных аэрозолей  $N$  в приземном слое воздуха в Тбилиси в 2010-2011 гг.

Годовые данные. Средняя концентрация субмикронных аэрозолей  $N$  менялась от  $2519 \text{ см}^{-3}$  в 15 час, до  $2872 \text{ см}^{-3}$  в 9 час, при среднем дневном значении  $2702 \text{ см}^{-3}$ ; минимальное значение  $N$  составляло  $110 \text{ см}^{-3}$ , максимальное  $48070 \text{ см}^{-3}$ ; вариационный размах менялся от  $47960 \text{ см}^{-3}$  в 9 час до  $23578 \text{ см}^{-3}$  в 15 час при средненежном значении  $28286 \text{ см}^{-3}$ ; медианное значение менялось от  $1877 \text{ см}^{-3}$  в 15 час до  $2034 \text{ см}^{-3}$  в 9 час при средненежном значении  $2114 \text{ см}^{-3}$ ; стандартное отклонение – от  $2386 \text{ см}^{-3}$  в 15 час до  $3440 \text{ см}^{-3}$  в 9 час при средненежном значении  $2321 \text{ см}^{-3}$ ; коэффициент вариации – от 93 % в 17-18 час до 120 % в 9 час при средненежном значении 86 %. Максимум  $N$  наблюдался в 9 часов.

Значения коэффициентов асимметрии и эксцесса указывают на то, что функции распределения концентрации аэрозолей не являются нормальными и симметричными. Линейная корреляция между часовыми и средненежными концентрациями аэрозолей высокая (не менее 0.82). Все это касается также данных за теплое и холодное полугодия.

Теплый период. Средняя концентрация субмикронных аэрозолей менялась от  $2401 \text{ см}^{-3}$  в 15 час, до  $2564 \text{ см}^{-3}$  в 9 час, при среднем дневном значении  $2456 \text{ см}^{-3}$ ; минимальное значение  $N$  составляло  $110 \text{ см}^{-3}$ , максимальное –  $44528 \text{ см}^{-3}$ ; вариационный размах менялся от  $13733 \text{ см}^{-3}$  в 17-18 час до  $44418 \text{ см}^{-3}$  в 9 час при средненежном значении  $15316 \text{ см}^{-3}$ ; медианное значение менялось от  $1918 \text{ см}^{-3}$  в 12 и 15 час до  $2011 \text{ см}^{-3}$  в 17-18 час при средненежном значении  $2057 \text{ см}^{-3}$ ; стандартное отклонение – от  $1791 \text{ см}^{-3}$  в 17-18

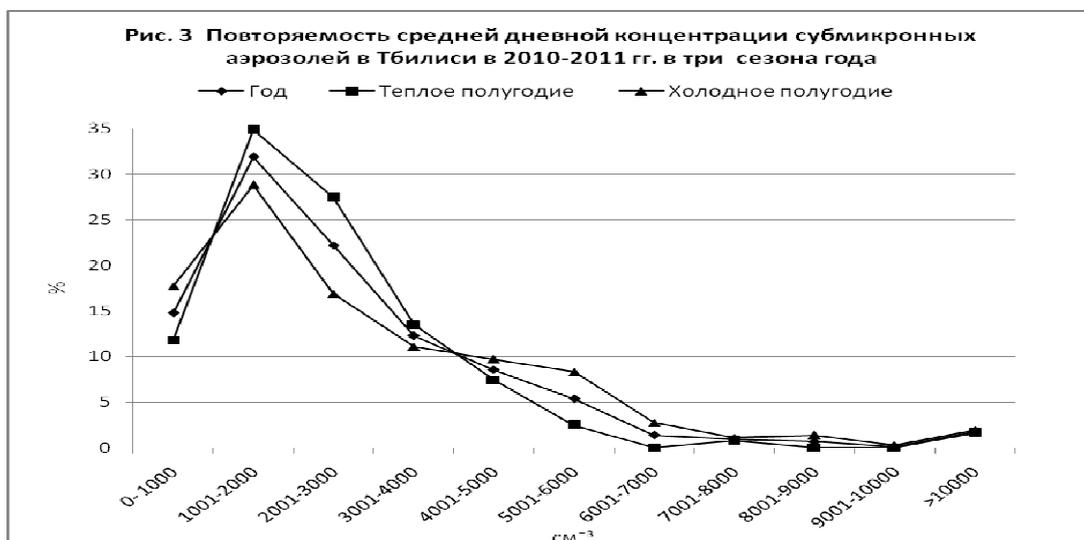
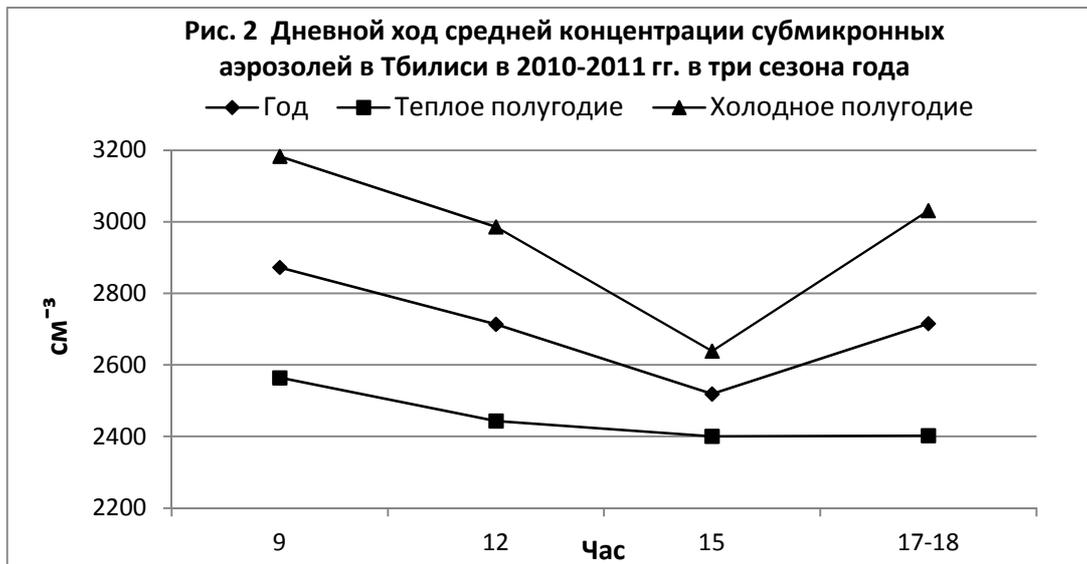
час до 2904  $\text{см}^{-3}$  в 9 час при средненежном значении 1808  $\text{см}^{-3}$ ; коэффициент вариации – от 75 % в 17-18 час до 113 % в 9 час при средненежном значении 74%. Максимум N наблюдался в 9 часов.

**Таблица. Статистические характеристики концентрации субмикронных аэрозолей в приземном слое воздуха в Тбилиси в 2010-2011 гг.**

Время, час.	9	12	15	17-18	9 - 18
Сезон	Год				
Среднее	2872	2713	2519	2716	2702
Минимум	110	209	138	184	316
Максимум	48070	33178	23716	27263	28602
Вар. размах	47960	32969	23578	27079	28286
Медиана	2034	1983	1877	1923	2114
Мода	1928	1369	690	1714	2011
Станд. откл.	3440	2585	2386	2525	2321
Станд. ошибка	128	96	89	94	86
Коэфф. вар., %	120	95	95	93	86
95% (+/-)	251	189	174	184	169
Коэфф. ассим.	7	4	3	3	4
Коэфф. эксцесса	74	34	17	16	30
Вар. размах /средн., %	1670	1215	936	997	1047
Корреляция с (9-18) час.	0.82	0.91	0.84	0.83	1
Сезон	Теплое полугодие, апрель - сентябрь				
Среднее	2564	2443	2401	2402	2456
Минимум	110	271	271	184	413
Максимум	44528	20739	14088	13917	15729
Вар. размах	44418	20468	13816	13733	15316
Медиана	1928	1918	1918	2011	2057
Мода	1928	1557	1200	1386	2011
Станд. откл.	2904	2030	1896	1791	1808
Станд. ошибка	153	107	100	94	95
Коэфф. вар., %	113	83	79	75	74
95% (+/-)	300	210	195	185	186
Коэфф. ассим.	9	4	3	2	3
Коэфф. эксцесса	124	26	10	8	17
Вар. размах /средн., %	1732	838	576	572	624
Корреляция с (9-18) час.	0.77	0.87	0.86	0.85	1
Сезон	Холодное полугодие, октябрь - март				
Среднее	3183	2986	2639	3031	2949
Минимум	156	209	138	283	316
Максимум	48070	33178	23716	27263	28602
Вар. размах	47914	32969	23578	26980	28286
Медиана	2217	2167	1752	1875	2180
Мода	2139	1369	796	1714	2100
Станд. откл.	3887	3022	2793	3063	2723
Станд. ошибка	205	160	148	162	144
Коэфф. вар., %	122	101	106	101	92
95% (+/-)	403	314	290	317	281
Коэфф. ассим.	6	4	3	3	4
Коэфф. эксцесса	53	30	15	13	27
Вар. размах /средн., %	1505	1104	894	890	959
Корреляция с (9-18) час.	0.85	0.92	0.83	0.82	1

Холодный период. Средняя концентрация субмикронных аэрозолей менялась от 2639  $\text{см}^{-3}$  в 15 час, до 3183  $\text{см}^{-3}$  в 9 час, при среднем значении 2949  $\text{см}^{-3}$ ; минимальное значение N составляло 156  $\text{см}^{-3}$ , максимальное - 48070  $\text{см}^{-3}$ ; вариационный размах менялся от 23578  $\text{см}^{-3}$  в 15 час до 47914  $\text{см}^{-3}$  в 9 час при сред-

недневном значении  $28286 \text{ см}^{-3}$ ; медианное значение менялось от  $1752 \text{ см}^{-3}$  в 15 час до  $2167 \text{ см}^{-3}$  в 12 час при средневенном значении  $2180 \text{ см}^{-3}$ ; стандартное отклонение – от  $2793 \text{ см}^{-3}$  в 15 час до  $3887 \text{ см}^{-3}$  в 9 час при средневенном значении  $2723 \text{ см}^{-3}$ ; коэффициент вариации – от 101 % в 12 и 17-18 час до 122 % в 9 час при средневенном значении 92 %. Максимум N наблюдался в 9 часов.



На рис. 1 представлен временной ход среднемесячных концентраций субмикронных аэрозолей в Тбилиси в исследуемый период времени. Как следует из этого рисунка высокие концентрации аэрозолей (более  $4000 \text{ см}^{-3}$ ) наблюдались в июле и декабре 2010 г. ( $4842 \text{ см}^{-3}$  и  $4368 \text{ см}^{-3}$  соответственно), а также октябредектябре 2011 г. ( $4258 \text{ см}^{-3}$ ,  $5658 \text{ см}^{-3}$  и  $4049 \text{ см}^{-3}$  соответственно). Самая низкая концентрация аэрозолей была в апреле 2010 г. ( $1150 \text{ см}^{-3}$ ).

На рис. 2 для наглядности представлены данные о дневном ходе средней концентрации субмикронных аэрозолей в три периода года. Как видно из этого рисунка, для всех указанных периодов года в дневном ходе концентрации аэрозолей минимум наблюдается в 15 час., а максимум – в 9 час.

На рис. 3 представлена эмпирическая функция распределения средней дневной концентрации аэрозолей в три периода года. Как видно из этого рисунка, максимум распределения для всех сезонов приходится на диапазон концентраций аэрозолей от  $1001$  до  $2000 \text{ см}^{-3}$  ( $31.9\%$  - по годовым данным,  $34.9\%$  – теплое полугодие,  $28.8\%$  - холодное полугодие).

В работе [13] было отмечено, что при концентрациях субмикронных аэрозолей более  $1000 \text{ см}^{-3}$  в условиях г. Тбилиси происходит негативное воздействие загрязненного воздуха на здоровье людей (рост числа вызовов скорой медицинской помощи). Как следует из рис. 3, количество таких дней составляет около  $85\%$  случаев в год.

Работа выполнена с использованием данных, полученных при реализации гранта GNSF/ST08/5-437.

#### ლიტერატურა-REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА

1. Балабуев А.Г., Ломая О.В., Цинцадзе Д.Г. – О зависимости загрязнения воздуха над г. Тбилиси от метеорологических процессов. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, т. 32, "Мецниереба", Тбилиси, 1973, с. 5-12.
2. Стыро Б.И., Амиранашвили А.Г. – Исследование распределения аэрозолей над территорией Грузии. Тр. Ин-та физики АН Лит. ССР, Физика атмосферы, N 8, "Мокслас", Вильнюс, 1983, с. 18-24.
3. Amiranashvili A.G., Gzirishvili T.G., Kartsivadze A.I., Nodia A.G. – Aircraft investigations of the distribution of aerosols in the lower troposphere. Proc. 9<sup>th</sup> Int. Conf. on atmospheric aerosols, Condensation and Ice Nuclei, Budapest, Hungary, 3-8 September, vol.1, 1984, pp.148-153
4. Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г. - Аэрозоли и ледяные кристаллы в атмосфере, Тбилиси, Мецниереба, 1991, 113 с.
5. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Gzirishvili T., Gunia G., Intskirveli L., Kharchilava J.- Variations of the Weight Concentrations of Dust, Nitrogen Oxides, Sulphur Dioxide and Ozone in the Surface Air in Tbilisi. Proc. 15<sup>th</sup> Int. Conf. on Nucleation and Atmospheric Aerosols, Rolla, Missouri, USA, 2000, August, 6-11, AIP, Conference Proc., vol.535, Melville, New York, 2000, pp. 793-795.
6. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Kharchilava J.F., Buachidze N.S., Intskirveli L.N. -Variations of the Weight Concentrations of Dust, Nitrogen Oxides, Sulphur Dioxide and Ozone in the Surface Air in Tbilisi in 1981-2003. Proc. 16<sup>th</sup> International Conference on Nucleation & Atmospheric Aerosols, Kyoto, Japan, 26-30 July 2004, pp. 678-681.
7. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Bachiashvili L.L., Bibilashvili T.N., Supatashvili G.D. - Influence of the Anthropogenic Pollution of the Atmosphere and Thunderstorms on the Precipitations Regime and their Chemical Composition in Alazani Valley Conditions. Proc. 14<sup>th</sup> International Conference on Clouds and Precipitation, Bologna, Italy, 18-23 July 2004, pp. 2\_3\_216.1-2\_3\_216.2.
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 Hydrometeorology, Monograph, ISBN 99928-885-4.7, Tbilisi, 2006, 177 p., (in Georgian).
10. Амиранашвили А.Г., Амиранашвили В.А., Киркитадзе Д.Д., Чиабришвили Н.Г., Чочишвили К.М. - К вопросу об образовании вторичных аэрозолей в атмосфере. Труды Института геофизики АН Грузии, ISSN 1512-1135, том 58, 2004, с. 119-126.

11. Amiranashvili A., Bliadze T., Kirkitadze D., Nikiforov G., Nodia A., Chankvetadze A., Chikhladze V. - Surface Radon as the Air Pollution Catalyst by Secondary Aerosols in Tbilisi. Transactions of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, vol. LXII, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2010, pp. 197-206, (in Russian).
12. Amiranashvili A., Bliadze T., Kirkitadze D., Nikiforov G., Nodia A., Kharchilava J., Chankvetadze A., Chikhladze V., Chochishvili K., Chkhaidze G. - Some Preliminary Results of the Complex Monitoring of Surface Ozone Concentration (SOC), Intensity of Summary Solar Radiation and Sub-Micron Aerosols Content in Air in Tbilisi in 2009-2010. Transactions of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, vol. LXII, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2010, pp. 189-196, (in Russian).
13. 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.

უკ 551.510.42

**სუბმიკრონული აეროზოლები თბილისის ატმოსფეროში** / ბლიაძე თ., კირკიტაძე დ., ნიკიფოროვი გ., ჭანკვეტაძე ა./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013. -ტ. 119. - გვ.95-99- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

წარმოდგენილია მონაცემები თბილისის ჰაერის მიწისპირა ფენაში 2010-2011 წწ. 0.1 მკმ-ზე მეტი ზომის სუბმიკრონული აეროზოლების თვლადი კონცენტრაციის შესახებ. გაზომვები წარმოებდა გეოფიზიკის ინსტიტუტის თერმობაროკამერის ტერიტორიაზე ხელსაწყო ФАН-ის გამოყენებით რეგისტრაციის იმპულსურ რეჟიმში ყოველდღიურად ოთხჯერ დღეში (9, 12, 15, 17-18 სთ.). შესწავლილია ატმოსფეროში აეროზოლების კონცენტრაციის თვიური და დღიური სვლა. აგებულია აეროზოლების კონცენტრაციის განაწილების ფუნქცია წლის სხვადასხვა სეზონისათვის.

UDC 551.510.42

**SUB-MICRON AEROSOLS IN THE ATMOSPHERE OF TBILISI** / Bliadze T., Kirkitadze D., Nikiforov G., Chankvetadze A./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. - т.119. – pp.95-99 . - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The data about the counting concentration of sub-micron aerosols by the size of more than 0.1 mcm in surface boundary layer in Tbilisi in 2010-2011 yr. are represented. Measurements on the territory of the thermobaric chamber of the institute of geophysics with the use of an instrument FAN in the impulse regime four times during the day every day (9, 12, 15 and 17-18 hour) were carried out. The monthly and daily behavior of the concentration of aerosols in the atmosphere is studied. The functions of the distribution of the concentration of aerosols for different seasons of year are given.

УДК 551.510.42

**СУБМИКРОННЫЕ АЭРОЗОЛИ В АТМОСФЕРЕ ТБИЛИСИ** / Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Никифоров Г.В., Чанкветадзе А.Ш./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. –2013. – т.119. – с. 95-99 . – Рус.; Рез. Груз., Англ., Рус.

Представлены данные о счетной концентрации субмикронных аэрозолей размером более 0.1 мкм в приземном слое воздуха в Тбилиси в 2010-2011 гг. Измерения проводились на территории термобарокамеры института геофизики с использованием прибора ФАН в импульсном режиме регистрации четырежды в день ежедневно (9, 12, 15 и 17-18 час.). Изучен месячный и дневной ход концентрации аэрозолей в атмосфере. Построены функции распределения концентрации аэрозолей для различных сезонов года.