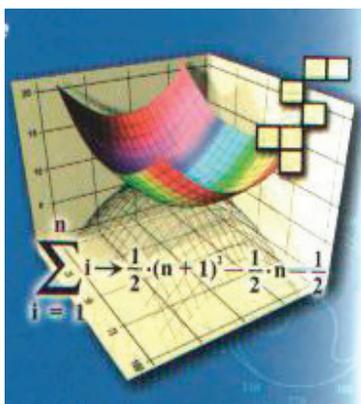


Министерство природных ресурсов и экологии  
Российской Федерации  
Федеральная служба по гидрометеорологии  
и мониторингу окружающей среды  
(Росгидромет)

# ТРУДЫ ВЫСОКОГОРНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

ВЫПУСК 98

**Доклады конференции молодых ученых  
Высокогорного геофизического института,  
посвященной 100-летию профессора  
Г. К. Сулаквелидзе**



Нальчик  
2014

# НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СУММАРНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЕГКИХ ИОНОВ В ТБИЛИСИ

А. Ш. Чанкветадзе

*Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного  
университета им. И. Джавахишвили, achankvetadze@gmail.com*

## Введение

Содержание легких ионов в атмосфере во многих отношениях определяет ее электрическую структуру, существенно влияет на экологическое состояние и непосредственно влиянием на самочувствие людей, а также выступает в качестве индикатора качества воздуха в аспекте его аэрозольного загрязнения. Поэтому важность исследования содержания легких ионов в атмосфере как с точки зрения атмосферного электричества, так и с точки зрения экологии хорошо известна [1, 3, 4, 9]. В Грузии в последние годы проводятся исследования содержания легких ионов как в условиях загрязненной атмосферы (Тбилиси и другие города [1, 2, 4–7]), так и в экологически чистых районах [8].

Так, по данным 20 стационарных и мобильных пунктов измерения состояния атмосферы в различных частях города была составлена карта пространственного распределения концентрации легких ионов в г. Тбилиси. Суммарная концентрация легких ионов в различных частях города по отношению к их содержанию в стационарном пункте измерения варьирует от 53 % до 118 % при среднем значении – 81 % [1].

Как известно, образование легких ионов в приземном слое атмосферы обусловлено альфа-излучением радона и короткоживущих продуктов его распада (~40%), гамма-радиацией поверхности почвы (~40%) и космическими лучами (~20%). Исчезновение легких ионов происходит путем их рекомбинации и присоединения к аэрозольным частицам [4]. Поэтому, на первый взгляд, интенсификация ионизирующего излучения должна приводить к улучшению качества воздуха хотя бы за счет увеличения содержания в нем легких ионов. Однако, как оказалось на примере города Тбилиси, в сильно загрязненной атмосфере происходят прямо противоположные процессы в сравнении с малозагрязненными и незагрязненными местностями. Было выявлено, что интенсификация ионизацией аэрозольного загрязнения атмосферы (прямая корреляция между ионизирующим излучением и содержанием в воздухе субмикронных аэрозолей) в условиях Тбилиси настолько сильна, что это приводит также к ухудшению качества воздуха и его ионного состава. Тбилисский тип смога характеризуется невозможной в естественных условиях обратной связью содержания радона, гамма-радиации и космического излучения с концентрацией легких ионов в воздухе, вызванной образованием вторичных аэрозолей в количестве, которое в совокупности с первичными частицами способно присоединять к себе больше

ионов, чем их образуется при ионизации [1, 5–7]. Указанный тип смога может иметь место также в других сильно загрязненных городах и местностях.

Ниже приводятся некоторые более детальные результаты анализа данных 2010–2011 гг. о суммарной концентрации легких ионов N и их влиянии на здоровье людей в условиях города Тбилиси по сравнению с тем, что это было сделано ранее [1, 2].

## Методика

Концентрация легких аэроионов с использованием прибора типа Гердиена измерялась 4 раза ежедневно: в 9, 12, 15 и 18 ч. (в зимнее время – в 17 ч.). Измерения проводились на высоте 3-го этажа здания термобарокамеры (центральная часть г. Тбилиси, долина р. Куры). Это относительно малозагрязненное место (8 метров над уровнем почвы) 41,754° с. ш., 44,927° в. д, высота 450 м н. у. м.

Данные стационарного пункта измерений вполне репрезентативны для оценки уровня загрязненности воздуха города Тбилиси в целом. Коэффициент линейной корреляции между стационарным пунктом измерения и 20 фиксированными временными пунктами измерения концентрации легких ионов в различных частях города при смоговой ситуации менялся от 0,79 до 0,91 со средним значением 0,85 [1]. Анализ данных проведен без учета погодных условий.

## Результаты

Результаты анализа представлены в таблицах 1–3 и на рисунках 1–2. В таблице 1 приведены основные статистические характеристики величин *N* для семи различных сезонов года (четыре срока наблюдения и среднедневные значения). На рисунке 1 в качестве иллюстрации приведены данные о временном ходе среднедневных значений суммарной концентрации легких ионов в приземном слое воздуха г. Тбилиси в период с 1 января 2010-го по 31 декабря 2011 гг.

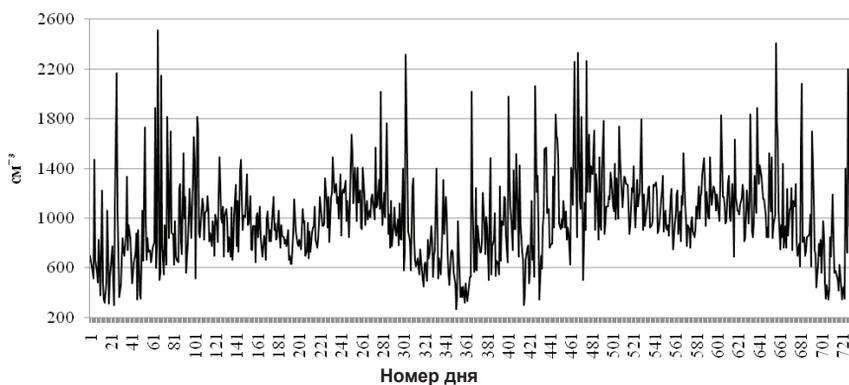
Таблица 1

**Статистические характеристики суммарной концентрации легких ионов в приземном слое воздуха г. Тбилиси в различные сезоны 2010–2011 гг.**

Время, ч.	9	12	15	17-18	9 – 18
1	2	3	4	5	6
<b>Сезон – 1</b>	<b>Год</b>				
Среднее	906	989	1063	1002	991
Минимум	215	215	129	129	269
Максимум	3053	2795	3397	2537	2516

1	2	3	4	5	6
Станд. откл.	408	431	441	445	355
Коэфф. вариации, %	45	44	42	44	36
<b>Сезон – 2</b>	<b>Теплое полугодие, апрель–сентябрь</b>				
Среднее	986	1080	1132	1127	1081
Минимум	344	430	387	344	505
Максимум	2881	2580	2752	2494	2333
Станд. откл.	333	337	371	373	265
Коэфф. вариации, %	34	31	33	33	25
<b>Сезон – 3</b>	<b>Холодное полугодие, октябрь–март</b>				
Среднее	825	899	993	876	901
Минимум	215	215	129	129	269
Максимум	3053	2795	3397	2537	2516
Станд. откл.	457	493	494	476	408
Коэфф. вариации, %	55	55	50	54	45
<b>Сезон – 4</b>	<b>Зима</b>				
Среднее	729	754	840	780	776
Минимум	215	215	129	129	269
Максимум	3053	2709	2279	2365	2204
Станд. откл.	427	438	447	464	368
Коэфф. вариации, %	60	58	55	60	48
<b>Сезон – 5</b>	<b>Весна</b>				
Среднее	1001	1129	1194	1129	1114
Минимум	258	301	387	301	344
Максимум	2881	2795	2752	2537	2516
Станд. откл.	473	461	453	469	383
Коэфф. вариации, %	47	41	38	42	34
<b>Сезон – 6</b>	<b>Лето</b>				
Среднее	944	1002	1066	1073	1021
Минимум	430	516	473	516	634
Максимум	1892	1935	2580	2150	1828
Станд. откл.	255	275	320	315	210
Коэфф. вариации, %	27	27	30	29	21

1	2	3	4	5	6
<b>Сезон – 7</b>	<b>Осень</b>				
Среднее	945	1069	1146	1018	1049
Минимум	301	344	344	258	441
Максимум	2623	2752	3397	2322	2408
Станд. откл.	394	434	452	439	342
Коэфф. вариации, %	42	41	39	43	33



**Р и с. 1.** Временной ход средненежных значений суммарной концентрации легких ионов в приземном слое воздуха г. Тбилиси в 2010–2011 гг.

Как следует из таблицы 1 и рисунка 1 концентрация легких ионов имеет как дневной, так и сезонный ход. Так, по годовым данным средненежная концентрация легких ионов менялась от  $906 \text{ см}^{-3}$  в 9 ч. до  $1063 \text{ см}^{-3}$  в 15 ч. при среднем значении  $991 \text{ см}^{-3}$ ; минимальное значение  $N$  составляло  $215 \text{ см}^{-3}$  в 9 ч., максимальное –  $3397 \text{ см}^{-3}$  в 15 ч.

Дневной ход средних значений  $N$  наблюдается практически для всех указанных сезонов года с минимумом в 9 час и максимумом в 15 ч. (летом – в 18 ч.). В сезонном ходе среднечасовых средненежных значений  $N$  максимум отмечается весной, минимум – зимой.

Наибольшие вариации суммарной концентрации легких ионов наблюдаются зимой (коэффициент вариации – отношение стандартного отклонения к среднему – меняется от 55% в 15 ч. до 60% в 9 и 17–18 ч., для средненежных значений – 48%), наименьшие – летом (коэффициент вариации меняется от 27% в 9 ч. и 12 час до 29% в 18 ч., для средненежных значений – 21%).

В таблице 2 представлены данные о временной устойчивости суммарной концентрации легких ионов. Как следует из таблицы, отклонения часовых значений суммарной концентрации легких ионов от их средненежных величин не очень значительны и укладываются в диапазон 0–10% для всех сезонов года.

Значения коэффициента линейной корреляции между средненежными концентрациями легких ионов и их часовыми значениями для указанных сезонов года достаточно высоки и находятся в диапазоне значений 0,67–0,88.

Таблица 2

**Устойчивость во времени суммарной концентрации легких ионов в приземном слое воздуха г. Тбилиси в различные сезоны 2010–2011 гг.**

Время, час.	9	12	15	17-18	9 – 18
	<b>Нормированное на средненежную концентрацию содержание легких ионов, %</b>				
Сезон – 1	91	100	107	101	100
Сезон – 2	91	100	105	104	100
Сезон – 3	92	100	110	97	100
Сезон – 4	94	97	108	101	100
Сезон – 5	90	101	107	101	100
Сезон – 6	92	98	104	105	100
Сезон – 7	90	102	109	97	100
	<b>Линейная корреляция со средненежными значениями</b>				
Сезон – 1	0,77	0,85	0,83	0,82	1
Сезон – 2	0,67	0,76	0,78	0,76	1
Сезон – 3	0,81	0,88	0,86	0,82	1
Сезон – 4	0,81	0,85	0,87	0,78	1
Сезон – 5	0,80	0,83	0,82	0,82	1
Сезон – 6	0,60	0,72	0,76	0,77	1
Сезон – 7	0,71	0,85	0,77	0,81	1

В таблице 3 приведены данные о повторяемости средненежных значений суммарной концентрации легких ионов в различные сезоны года. Как следует из этой таблицы, всем распределениям концентрации легких ионов присущ один максимум. При этом указанный максимум приходится на диапазон значений  $N$  601–1000  $\text{см}^{-3}$  для всех сезонов года (39,6–54,3%), кроме теплого полугодия (601–1000  $\text{см}^{-3}$ , 43,4%).

На рисунке 2 представлены данные о связи количества госпитализируемых пациентов по вызовам скорой медицинской помощи и доли госпитализируемых от общего числа этих вызовов с суммарной концентрацией легких ионов. Как следует из этого рисунка, указанные связи имеют вид полинома третьей степени (уровень значимости коэффициента детерминации  $R^2$  не хуже 0,01).

При средненежной суммарной концентрации легких ионов менее 600  $\text{см}^{-3}$

Повторяемость средневзвешенных значений суммарной концентрации легких ионов в Тбилиси в различные сезоны 2010–2011 гг., %

см <sup>-3</sup>	200–600	601–1000	1001–1400	1401–1800	1801–2200	2201–2600
Сезон – 1	11,4	45,1	33,1	7,2	2,2	1,0
Сезон – 2	0,8	43,4	46,4	7,4	1,1	0,8
Сезон – 3	22,2	46,8	19,7	6,9	3,3	1,1
Сезон – 4	36,2	42,9	14,7	3,4	1,1	1,7
Сезон – 5	4,9	39,6	37,9	11,5	3,8	2,2
Сезон – 6	0,0	54,3	41,8	3,3	0,5	0,0
Сезон – 7	5,5	43,4	37,4	10,4	2,2	1,1

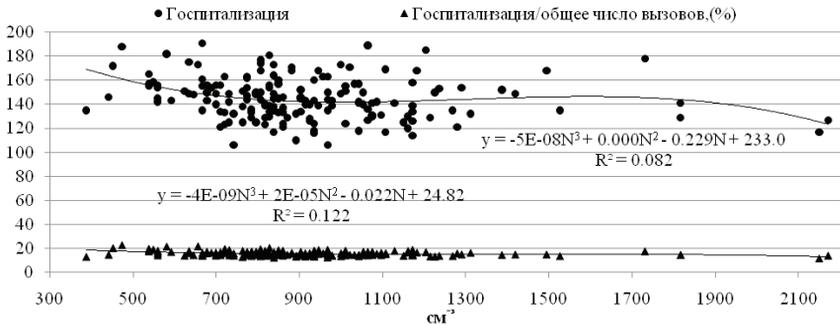


Рис. 2. Связь количества госпитализируемых пациентов по вызовам скорой медицинской помощи и доли госпитализируемых от общего числа этих вызовов с суммарной концентрацией легких ионов в Тбилиси

(очень загрязненная атмосфера) по сравнению с днями со средними значениями  $N$  от 601 до 1000 см<sup>-3</sup> и более 1000 см<sup>-3</sup> в Тбилиси по данным вызовов скорой медицинской помощи наблюдался рост госпитализации пациентов соответственно на 9 и 11 %, а доли госпитализируемых от общего числа этих вызовов соответственно на 14 и 17 %. За исследуемый период времени таких дней было около 80.

Отметим, что в целом, в условиях «хорошей погоды», минимально необходимый уровень содержания легких ионов для благоприятного влияния на здоровье (1000 см<sup>3</sup> и больше [2, 3]) характерен фактически для всех пунктов измерений в Западной Грузии [9]. В Тбилиси для стационарного пункта измерений по данным за год таких случаев чуть больше 43 % (табл. 3).

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

## Список литературы

1. *Амиранашвили А. Г.* Фотохимический смог в Тбилиси: монография / А. Г. Амиранашвили, Т. Г. Блиадзе, В. А. Чихладзе // Тр. Института геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили, ISSN 1512-1135. 2012. Т. 63. – 160 с. (на грузинском языке).
2. *Блиадзе Т. Г.* Некоторые результаты исследования концентрации легких ионов в приземном слое воздуха города Тбилиси в 2010–2011 гг. / Т. Г. Блиадзе, Д. Д. Киркитадзе, Г. В. Никифоров, А. Ш. Чанкветадзе // Тр. Института Гидрометеорологии Грузинского технического университета, ISSN 1512-0902. 2013. Т. 119. С. 104–108.
3. СНиП 2152-80 Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений.
4. *Чалмерс Дж. А.* Атмосферное электричество. Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 421 с.
5. Amiranashvili A. Negative Correlation Between of Light Ions Content and Radon Concentration: Particularity of Tbilisi City Air Pollution, or Norm for the Urbanized Locality? // Proc. of the 14th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Rio de Janeiro, Brazil, August 7–12, 2011. – Режим доступа: <http://www.icae2011.net.br/>.
6. *Amiranashvili A.* The Feedback Effect of Intensity of Ionizing Radiation with the Light Ions Content in Atmosphere. Paradox (the Tbilisi Type of a Smog), or Usual Phenomenon for the Strongly Pollution Cities? Proc. of Int. Conf. «Environment and Global Warming». ISSN 2333-3347. 2011. № 3 (82). P. 95–100.
7. *Amiranashvili A.* Tbilisi Type of Smog as Attribute of Feedback Effect Between the Air Ionization Intensity and Small Ions Concentration // Proc. of 7th Asia-Pacific Int. Conf. on Lightning, Chengdu, China, November 1–4, 2011. – Режим доступа: <http://www.apl2011.net/>.
8. *Amiranashvili A.* Comparative Characteristics of Light Ions Content in the Urban and Ecologically Clean Locality in Georgia / A. Amiranashvili, T. Bliadze, A. Chankvetadze, V. Chikhladze, G. Melikadze, D. Kirkitadze, G. Nikiforov, A. Nodia // Proc. of the 14th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Rio de Janeiro, Brazil, August 7–12, 2011. – Режим доступа: <http://www.icae2011.net.br/>.
9. *Tammet H.* Atmospheric Ions // Proc. 12<sup>th</sup> Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Versailles, France. 2003. V. 1. P. 275–178.