

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СРЕДНЕГОДОВЫХ, ПОЛУГОДОВЫХ, СЕЗОННЫХ И МЕСЯЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В ТБИЛИСИ В 1984-2003 ГГ

Чихладзе В.А.

Институт геофизики им. М. Нодиа, 0193 Тбилиси, ул. М. Алексидзе 1

Рядом авторов ранее были проведены довольно подробные исследования долговременных вариаций среднемесячных, сезонных, полугодовых и годовых значений концентрации приземного озона в Тбилиси [2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10]. Тем не менее, остался целый ряд задач, решение которых и предлагается ниже [1, 7, 11].

Связь среднемесячных суточных данных концентрации приземного озона с данными за 15 часов

В силу разных причин, в основном связанных с экономическими, в постсоветский период измерения концентрации озона в Тбилиси в основном проводились в рабочие дни, в дневные часы. При этом наибольшее число всех наблюдений приходится на интервал времени от 13 до 16 часов. Поэтому при исследованиях долговременных вариаций КПО весьма важен вопрос репрезентативности данных за дневные часы для характеристики данных за другие промежутки времени, и в особенности, для суточных данных.

Для решения этого вопроса были проанализированы данные среднемесячных значений максимальной концентрации приземного озона за 15 час. и за сутки (всего 90 месяцев, в том числе 43 за теплое полугодие, 47 – за холодное) для периода с 1980 по 1991 гг., когда такие измерения проводились в основном круглосуточно. Статистические характеристики этих значений КПО представлены в таблице 1.

Таблица 1. Статистические характеристики среднемесячных значений концентрации приземного озона в Тбилиси, осредненных по данным за 15 часов и сутки, и корреляционные соотношения между ними за год, в теплое и холодное полугодие. КПО – мкг/м³. Результаты измерений 1980-1991 гг.

Период Параметры	Год		Теплое полугодие		Холодное полугодие	
	КПО (15 час.)	КПО (сутки)	КПО (15 час.)	КПО (сутки)	КПО (15 час.)	КПО (сутки)
Mean	38,9	29,6	50,0	38,5	28,7	21,5
Min	3	2	27	23	3	2
Max	69	54	69	54	62	51
Interv	66	52	42	31	59	49
Median	40	30	50	39	28	20
Mode	48	38	48	38	31	9
St Dev	16,08	12,51	10,30	8,10	13,44	10,09
σ_m	1,70	1,32	1,57	1,24	1,96	1,47

C _v (%)	41,4	42,2	20,6	21,0	46,9	46,9
A _s	-0,18	-0,07	-0,18	-0,19	0,35	0,63
K	-0,78	-0,92	-0,50	-0,55	-0,18	0,28
Count	90	90	43	43	47	47
CONF 95% (+/-)	3,3	2,6	3,1	2,4	3,8	2,9
CONF _L	35,6	27,0	47,0	36,1	24,8	18,6
CONF _U	42,2	32,2	53,1	40,9	32,5	24,4
CONF 99% (+/-)	4,4	3,4	4,0	3,2	5,1	3,8
CONF _L	34,5	26,2	46,0	35,3	23,6	17,7
CONF _U	43,3	33,0	54,1	41,7	33,7	25,3
КПО (15ч.)/КПО(сут.)	1,31		1,30		1,33	
Коэффициенты уравнений линейной регрессии КПО(сутки) = а*КПО (15 час.) + b						
R ²	0,856		0,705		0,769	
R	0,93		0,84		0,88	
A	0,72		0,66		0,66	
CONF 95% (+/-)	0,06		0,13		0,11	
CONF _L	0,66		0,53		0,55	
CONF _U	0,78		0,80		0,77	
B	1,64		5,44		2,63	
CONF 95% (+/-)	2,63		6,88		3,43	
CONF _L	-0,99		-1,44		-0,79	
CONF _U	4,26		12,32		6,06	

Как следует из указанной таблицы, в среднем за год, а также в теплое и холодное полугодия, соотношения между среднемесячными КПО за 15 час. и за сутки имеют практически одно и то же значение, примерно 1,3. Коэффициенты линейной корреляции между КПО (15 ч.) и КПО (сут.) достаточно высоки. Соответствующие значения коэффициентов линейной регрессии между КПО (15 ч.) и КПО (сут.) представлены в нижней части таблицы 1.

Как следует из указанной таблицы и рисунка, разброс данных среднемесячных значений КПО (сут.) от КПО (15 ч.) в уравнениях регрессии не очень значителен и для коэффициента, **a** при доверительном интервале 95%, соответственно за год, теплое и холодное полугодие составляют 8,3%, 19,7% и 16,7%.

Таким образом, среднемесячные данные КПО за 15 час. вполне репрезентативны для характеристики среднемесячных суточных значений КПО. В последующем весь анализ среднемесячных, сезонных, полугодовых и годовых значений КПО в период с 1984 по 2003 гг., представленный в этой статье, проведен для данных за 15 часов.

Линейный корреляционный анализ данных о концентрации приземного озона различных масштабов осреднения друг с другом

При решении различного рода задач (например, восстановление пропущенных рядов наблюдений) имеет важное значение исследование характера корреляционных связей между изучаемыми параметрами различного масштаба осреднения (месячные, сезонные и т.д.). Двадцатилетний ряд наблюдений за концентрацией приземного озона уже позволяет сделать подобный анализ для выявления корреляционных и регрессионных связей между значениями КПО, осредненными за месяц, сезон, полугодие и год.

В таблице 2 представлены значения коэффициентов линейной корреляции между среднемесячными, сезонными, полугодовыми и годовыми величинами КПО в Тбилиси в 1984 - 2003. Отметим, что для 20-летнего ряда наблюдений минимально значимые (с достоверностью 90% и 95%) величины коэффициентов корреляции составляют

соответственно 0,38 и 0,44. При анализе нами принят нижний уровень достоверности 90% (т.е. R = 0,38).

Как показывает анализ табл. 2, корреляционные связи между указанными величинами КПО при заданном уровне значимости значимы или близки к значимым (например для пар КПО(год) - КПО(июнь), КПО(год) - КПО(июль) и КПО(январь) - КПО(октябрь)) в 125 случаях из всех 171 пар R (или в 73% случаев). В целом среднемесячные значения КПО достаточно неплохо коррелируют как друг с другом (особенно для соседних месяцев), так и со средними значениями КПО для зимы, весны, лета, осени, теплого и холодного периодов года, а также года. Рассмотрим подробнее характер корреляционных связей между средними значениями КПО для центральных месяцев года (январь, апрель, июль, октябрь), сезонов, периодов года и года со значениями КПО для остальных месяцев, а также сезонов, периодов года и года.

Таблица 2

Корреляционная матрица между среднемесячными, сезонными, полугодовыми и годовыми значениями концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2003 гг (на 15 час.)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	З	В	Л	О	Т	Х	Г
1	1																		
2	0,7 3	1																	
3	0,61	0,83	1																
4	0,52	0,71	0,53	1															
5	0,49	0,60	0,63	0,61	1														
6	0,22	0,07	0,31	0,13	0,43	1													
7	0,00	-0,09	0,21	0,15	-0,05	0,20	1												
8	0,08	0,01	0,21	0,23	0,07	0,03	0,75	1											
9	0,41	0,48	0,53	0,51	0,09	0,00	0,41	0,44	1										
10	0,36	0,52	0,68	0,61	0,44	0,33	0,48	0,45	0,62	1									
11	0,55	0,64	0,78	0,71	0,43	0,28	0,22	0,16	0,38	0,52	1								
12	0,70	0,78	0,79	0,50	0,51	0,26	0,01	0,23	0,39	0,50	0,71	1							
З	0,90	0,93	0,82	0,65	0,59	0,18	-0,04	0,09	0,48	0,50	0,68	0,88	1						
В	0,65	0,86	0,88	0,83	0,83	0,32	0,15	0,22	0,50	0,70	0,63	0,73	0,83	1					
Л	0,11	-0,02	0,30	0,22	0,14	0,43	0,92	0,86	0,42	0,55	0,27	0,19	0,08	0,28	1				
О	0,55	0,68	0,83	0,56	0,42	0,27	0,43	0,40	0,76	0,86	0,83	0,68	0,70	0,76	0,49	1			
Т	0,49	0,54	0,65	0,80	0,61	0,39	0,60	0,64	0,66	0,78	0,46	0,52	0,57	0,81	0,73	0,75	1		
Х	0,78	0,90	0,94	0,63	0,62	0,29	0,16	0,21	0,56	0,70	0,83	0,88	0,94	0,89	0,27	0,88	0,68	1	
Г о д	0,73	0,83	0,91	0,75	0,67	0,35	0,35	0,40	0,64	0,79	0,76	0,81	0,87	0,93	0,47	0,90	0,86	0,96	1

Диапазон изменения коэффициента корреляции между значениями КПО в январе и величинами КПО для других месяцев, сезонов, периодов года и года составляет 0,55 - 0,84 (таблица 3.2). Проведем сопоставление значений коэффициентов корреляции по мере их возрастания в соответствие с Z критерием Фишера с уровнем значимости $\alpha=0,2$. Для 20-летнего ряда наблюдений величины указанных коэффициентов корреляции R мало различаются друг от друга в следующих диапазонах их значений : 0,35-0,60 (январь - апрель, май, сентябрь, октябрь, ноябрь, осень, теплый период); 0,61-0,80 (январь – февраль, март, декабрь, весна, холодный период, год) и 0,90 (январь – зима). Таким образом, в данном случае имеется три значимых диапазона для указанных значений R при их общем количестве 14. Четыре значения R – незначимы.

Диапазон изменения коэффициента корреляции между значениями КПО в апреле и величинами КПО для других месяцев, сезонов, периодов года и года составляет 0,50-0,83. В соответствие с указанным выше критерием величины указанных коэффициентов корреляции мало различаются друг от друга в следующих диапазонах их значений : 0,50-0,75 (апрель – январь, февраль, март, май, сентябрь, октябрь, декабрь зима, холодное полугодие, год) ; 0,76-0,85 (апрель – весна, теплый период, холодный период, год) . В данном случае имеется два значимых диапазона для указанных значений коэффициентов корреляции при их общем количестве 13. В пяти случаях – незначимы величины R.

Диапазон изменения коэффициента корреляции между значениями КПО в июле и величинами КПО для других месяцев, сезонов, периодов года и года составляет 0,35-0,92. Величины R мало различаются друг от друга в следующих диапазонах : 0,35-0,60 (июль – сентябрь, октябрь, осень, теплый период, год; 0,61-0,80 (июль – август) и 0,92 (июль – лето) и 0,97. В этом случае имеется три значимых диапазона для указанных значений R при общем их количестве 7. Количество незначимых коэффициентов корреляции составляет 11.

Диапазон изменения коэффициента корреляции между значениями КПО в октябре и величинами КПО для других месяцев, сезонов, периодов года и года составляет 36-0,86. Значения указанных коэффициентов корреляции мало различаются друг от друга в следующих диапазонах их величин: 0,35 - 0,60 (октябрь – январь, февраль, май, июль, август, ноябрь, декабрь, зима, лето); 0,61 - 0,80 (октябрь – март, апрель, сентябрь, весна, теплый период, холодный период, год); 0,81 – 0,90 (октябрь – осень). В данном случае также имеется три значимых диапазона для R при общем их количестве 17. Лишь в одном случае коэффициент корреляции ниже минимально значимого.

Диапазон изменения коэффициента корреляции между средними значениями КПО в зимний сезон и величинами КПО для месяцев, других сезонов, периодов года и года составляет 0,48 - 0,94. Указанные коэффициенты корреляции мало различаются друг от друга в следующих диапазонах их величин: 0,45 - 0,70 (зима – апрель, май, сентябрь, октябрь, ноябрь, осень, теплое полугодие); 0,71 - 0,85 (зима –март, весна); 0,86 – 0,90 (зима – январь, декабрь, год) и 0,91 - 0,95 (зима – февраль, холодное полугодие). В данном случае имеется четыре значимых диапазона R при общем их количестве 14. В четырех случаях корреляция отсутствует.

Диапазон изменения коэффициента корреляции между средними значениями КПО в весенний сезон и величинами КПО для месяцев, других сезонов, периодов года и года составляет 0,50-0,93. Значения указанных коэффициентов корреляции мало различаются друг от друга в следующих диапазонах их величин : 0,50 - 0,75 (весна –январь, сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь); 0,76-0,85 (весна –апрель, май, зима, осень, теплый период); 0,86 – 0,90 (весна – февраль, март, холодное полугодие) и 0,91-0,95 (весна - год). В данном случае также имеется четыре значимых диапазона для указанных значений R при общем их количестве 14. В четырех случаях корреляция незначима.

Диапазон изменения коэффициента корреляции между средними значениями КПО в летний сезон и величинами КПО для месяцев, других сезонов, периодов года и года составляет 0,42-0,92. Значения этих коэффициентов корреляции мало различаются друг от

друга в следующих диапазонах: 0,40 - 0,65 (лето – июнь, сентябрь, октябрь, осень, год) ; 0,66-0,80 (лето – теплый период, холодный период, год); 0,81 – 0,90 (лето – август) и 0,91-0,95 (лето - июль). В данном случае имеется четыре значимых диапазона для указанных значений R при общем их количестве 8. В 10 случаях R ниже значимых величин.

Диапазон изменения коэффициента корреляции между средними значениями КПО в осенний сезон и величинами КПО для месяцев, других сезонов, периодов года и года составляет 0,40-0,90. Значения указанных коэффициентов корреляции мало различаются друг от друга в следующих диапазонах их величин: 0,40- 0,65 (осень – январь, апрель, май, июль, август, лето); 0,66 - 0,80 (осень – февраль, сентябрь, декабрь, зима, весна, теплое полугодие); 0,81 – 0,90 (осень – март, октябрь, ноябрь, холодный период, год) В данном случае имеется три значимых диапазона для указанных значений R при общем их количестве 17. Лишь в одном случае корреляция отсутствует.

Диапазон изменения коэффициента корреляции между средними значениями КПО в теплое полугодие и величинами КПО для месяцев, сезонов, холодного полугодия и года составляет 0,39 - 0,86. Значения коэффициентов корреляции мало различаются друг от друга в следующих диапазонах их величин: 0,35 - 0,60 (теплое полугодие – январь, февраль, июнь, июль, ноябрь, декабрь, зима); 0,61-0,80 (теплое полугодие – март, апрель, май, август, сентябрь, октябрь, лето, осень, холодный период); 0,81 – 0,90 (теплое полугодие – весна, год) . В данном случае также имеется три значимых диапазона для указанных значений R при общем максимальном их количестве 18.

Диапазон изменения коэффициента корреляции между средними значениями КПО в холодное полугодие и величинами КПО для месяцев, сезонов, теплого полугодия и года составляет 0,56-0,96. Значения указанных коэффициентов корреляции мало различаются друг от друга в следующих диапазонах их величин: 0,55 - 0,75 (холодное полугодие – апрель, май, сентябрь, октябрь, теплое полугодие); 0,76 - 0,85 (холодное полугодие – январь, ноябрь); 0,86 – 0,90 (холодное полугодие – февраль, декабрь, весна, осень) и 0,91- 0,96 (холодное полугодие – март, зима, год). В данном случае имеется четыре значимых диапазона для указанных значений R при общем их количестве 14. В четырех случаях корреляция незначима.

Таблица 3 Коэффициенты уравнений линейной регрессии среднемесячных, сезонных и полугодовых значений концентрации приземного озона с их годовыми значениями в Тбилиси в период с 1984 по 2003 гг по данным на 15 час.

$$\text{КПО (год)} = \text{b} \cdot \text{КПО(месяц, сезон, полугодие)} + \text{a}$$

Месяц, сезон	b	CONF	CONF	a	CONF	CONF
		68 % (+/-)	95% (+/-)		68 % (+/-)	95% (+/-)
1	0,448	0,102	0,209	32,06	3,76	7,73
2	0,466	0,074	0,152	27,16	3,43	7,04
3	0,382	0,041	0,085	24,52	2,63	5,41
4	0,387	0,083	0,170	22,97	5,40	11,08
5	0,535	0,142	0,291	14,95	8,72	17,92
6	0,466	0,296	0,608	20,91	16,93	34,77
7	0,284	0,189	0,388	31,74	10,57	21,71
8	0,336	0,194	0,398	30,17	10,10	20,76
9	0,637	0,179	0,368	16,70	8,77	18,02
10	0,621	0,115	0,236	22,34	4,80	9,87
11	0,465	0,098	0,202	31,72	3,59	7,38
12	0,765	0,135	0,277	29,77	3,35	6,88
Зима	0,642	0,089	0,183	25,87	3,16	6,49
Весна	0,591	0,054	0,111	11,21	3,40	6,99

Лето	0,569	0,270	0,554	16,46	14,76	30,32
Осень	0,852	0,099	0,204	12,74	4,15	8,52
Теплое полугодие	1,108	0,152	0,311	-14,51	8,53	17,53
Холодное полугодие	0,694	0,051	0,106	20,27	2,10	4,32

Диапазон изменения коэффициента корреляции между средними значениями КПО в год и величинами КПО для месяцев, сезонов, теплого и холодного полугодия составляет 0,35-0,96. Значения указанных коэффициентов корреляции мало различаются друг от друга в следующих диапазонах их величин: 0,35 - 0,60 (год – июнь, июль, август, лето); 0,61- 0,80 (год – январь, апрель, май, сентябрь, октябрь, ноябрь); 0,81 – 0,90 (год – февраль, декабрь, зима, осень, теплый период) и 0,91 - 0,96 (год – март, весна, холодный период). В данном случае также имеется четыре значимых диапазона для указанных значений R при их общем максимальном количестве 18.

Таким образом, лучше всего коррелируют средние значения КПО за теплое полугодие и за год со всеми остальными средними концентрациями приземного озона (для всех 18 пар R его величины значимы). Хуже всего коррелируют средние значения КПО за июль и летний сезон со всеми остальными средними концентрациями приземного озона (соответственно всего лишь 7 и 8 пар значимых величин R).

В таблице 3 представлены соответствующие коэффициенты уравнений линейной регрессии средних месячных, сезонных и полугодичных значений КПО с их среднегодовыми величинами. Аналогичные расчеты несложно провести и для других пар значений.

Данные таблицы 3 можно использовать для примерной оценки среднегодовых значений концентрации приземного озона, если имеются данные о КПО лишь для отдельных месяцев или сезонов года.

Литература

1. ამირანაშვილი ა., ამირანაშვილი ვ., დავითულიანი, ნოდია ა., ხარჩილავა ჯ., ჩიხლაძე ვ., ჭელიძე ლ. - ქ. თბილისის ატმოსფეროს ფოტოქიმიური სმოგი და მისი გავლენა ადამიანების ჯანმრთელობაზე, ქ. თბილისის ეკოლოგიური პრობლემები, ქ. თბილისის მერიის გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების რეგულირების კომიტეტი, თბილისი, 2002, 147-152.
2. თავართქილაძე კ., ბეგალიშვილი ნ., ხარჩილავა ჯ., მუმლაძე დ., ამირანაშვილი ა., ვაჩნაძე ჯ., შენგელია ი., ამირანაშვილი ე. – შავის თანამედროვე ცვლილება საქართველოში. შავის განმსაზღვრელი სოციურთი პარამეტრის რეჟიმი და მისი ცვალებადობა, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, მონოგრაფია, 1-100 (გადაცემულია დასაბუჯდად).
3. ხარჩილავა ჯ., ლოქაფიშვილი მ. - ტროპოსფერული ოზონის ვარიაციები საქართველოში, სამეცნიერო სესია "შავის თანამედროვე ცვლილება საქართველოში", თბილისი, მეცნიერება, 1998, 21-23.
4. Amiranashvili A.G. – National Report on ongoing and planned ozone research and monitoring and on calibration and archiving of measurements in Georgia, Report of the 5th meeting of the ozone research managers of the parties to the Vienna Convention for the protection of the ozone layer, Geneva, March 25-27, 2002, 12, 83-85.
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.15th Int.Conf. on Nucleation and Atmospheric Aerosols, Rolla, Missouri, USA, 2000, August, 6-11,AIP, Conference Proc.,vol.535, Melville, New York, 2000, 793-795.

6. 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).
7. 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. 16th International Conference on Nucleation&Atmospheric Aerosols, Kyoto, Japan, 26-30 July 2004, 678-681.
8. Харчилава Д.Ф., Амиранашвили А.Г. – Исследование вариаций атмосферного озона в Грузии, Результаты исследований по международным геофизическим проектам, Москва, МГК, 1988, 1-114.
9. Харчилава, Дж.Ф., Амиранашвили А.Г., Локапишвили М.Г. - Временная вариация концентрации приземного озона в городской и сельской местности , Тр. Симпозиума «Взаимосвязь региональных и глобальных процессов в атмосфере и гидросфере, 15 – 18 ноября 1988, г. Тбилиси , Тбилиси, Мецниереба, 1988.
10. Харчилава Дж.Ф., Амиранашвили А.Г., Чихладзе В.А. - Некоторые результаты исследований концентрации приземного озона в Руиспири и Тбилиси в 2002 году, Сб. докл. 3-ей Межд. конф “Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов”, Кисловодск, 21-24 апреля 2003, 37 – 38.
11. Чихладзе В.А. - Результаты исследований вариаций концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2003 гг, Труды Института геофизики АН Грузии, том 58, 2003 .

**ქ. თბილისში 1984-2003 წლებში მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის
საშუალო წლიური, ნახევარწლიური, სეზონური და თვიური
მნიშვნელობების ცვალებადობა**

ე. ჩიხლაძე

რეზიუმე

ნაჩვენებია, რომ მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის საშუალო თვიური 15 საათიანი მონაცემები საესეებით რეპრეზენტატიულია მოკის საშუალო თვიური დღელაძური მნიშვნელობების დასახასიათებლად. ერთი მეორესთან სხვადასხვა მასშტაბის გასაშუალების მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის შესახებ მონაცემების წრფივი კორელაციური ანალიზი საშუალებას იძლევა მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის საშუალო წლიური მნიშვნელობების მიახლოებით შეფასებისათვის, თუ გაგვაჩნია მხოლოდ წლის ცალკეული თვეების ან სეზონების მონაცემები მოკის შესახებ.

Изменчивость среднегодовых, полугодовых, сезонных и месячных значений концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2003 гг

Чихладзе В.А.

Реферат

Показано, что среднемесячные данные КПО за 15 час. вполне репрезентативны для характеристики среднемесячных суточных значений КПО. Линейный корреляционный анализ данных о концентрации приземного озона различных масштабов осреднения друг с другом даёт возможность примерной оценки среднегодовых значений концентрации приземного озона, если имеются данные о КПО лишь для отдельных месяцев или сезонов года.

Investigation of seasonal, semi-annual and annual variability of surface ozone concentration in Tbilisi in 1984-2003

V. Chikhladze

Abstract

It was shown that monthly mean values data sets of surface ozone concentration (SOC) measured at 15.00, are useful to characterize monthly mean daily values of SOC. Linear correlation analysis of SOC on different scales provides possibility to assess variation of annual values of SOC, even in case of complete seasonal monthly SOC data.