

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ СРЕДНЕДНЕВНЫХ И ЧАСОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В ТБИЛИСИ В 1980 – 2003 ГГ.

Чихладзе В.А.

*Институт геофизики им М. Нодиа, Тбилиси, ул. М. Алексидзе 1, E-mail:  
victor.chikhladze@yandex.ru*

Исследования дневных часовых и среднедневных значений концентрации приземного озона (КПО) представляет особый интерес [1 - 9, 14, 16], так как в дневное время в индустриальных районах, за счёт фотохимических процессов, содержание озона в воздухе может достигать опасных для биосферы уровней. Ниже приведены результаты исследований часовых и среднедневных значений КПО в Тбилиси в период с 1980 по 2003 гг.

Рассмотрим основные статистические характеристики [10 - 13, 15] среднедневных и часовых значений КПО в Тбилиси в 1980 – 1991 и 1992-2003 гг. по данным за год, тёплый и холодный периоды года, измеренных с 11 до 19 часов. В таблице 1 представлены статистические характеристики среднечасовых значений концентрации приземного озона в Тбилиси в дневное время с 11 до 19 часов по годовым данным в период 1992 – 2003 гг. (651 день непрерывных измерений) и 1980 – 1991 гг. (1036 дней непрерывных измерений). Как следует из этой таблицы, диапазон изменений основных статистических характеристик КПО за период 1992 - 2003 гг. составлял: средняя КПО менялась от 26,1 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 52,1 мкг/м<sup>3</sup> в 16 часов при среднедневном значении 43,8 мкг/м<sup>3</sup>, так как минимальное значение КПО для всего периода наблюдений составляло 0, максимальная КПО и вариационный размах менялись от 95 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 174 мкг/м<sup>3</sup> в 17 часов при среднедневном значении 126,8 мкг/м<sup>3</sup>, медианное значение КПО менялось от 23 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 51 мкг/м<sup>3</sup> в 15 и 16 часов при среднедневном значении 42,3 мкг/м<sup>3</sup>, модальное значение от 0 в 11 часов до 56 мкг/м<sup>3</sup> в 14 часов при среднедневном значении 29,6 мкг/м<sup>3</sup>, стандартное отклонение – от 19 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 24,8 мкг/м<sup>3</sup> в 19 часов при среднедневном значении 21,2 мкг/м<sup>3</sup>, коэффициент вариации – от 46,2% в 16 часов до 72,8 % в 11 часов при среднедневном значении 48,5%. Максимум КПО наблюдается в 16 часов. При этом  $KPO_{16ч} = KPO_{15ч} > KPO_{16ч} > KPO_{17ч}$  с уровнем значимости по критерию Стьюдента  $\alpha$  не хуже 0,01 и  $KPO_{16ч} > KPO_{17ч}$  с  $\alpha$  не хуже 0,2. То есть наибольшие значения КПО наблюдаются в 15 и 16 часов. Теоретические значения стандартного отклонения коэффициента асимметрии и эксцесса для 651 дня наблюдений соответственно составляет 0,096 и 0,19. Для каждого времени наблюдений нет ни одного случая, чтобы одновременно абсолютные значения рассчитанных коэффициентов асимметрии и эксцесса были меньше утренних теоретических значений их стандартных отклонений. Поэтому в генеральной совокупности функции распределения среднечасовых и среднедневных значений КПО не являются нормальными.

Из таблицы 1 следует, что в 1980 – 1991 гг. диапазон изменений основных статистических характеристик КПО составлял: средняя КПО менялась от 28,8 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 41,3 мкг/м<sup>3</sup> в 15 часов при среднедневном значении 36,2 мкг/м<sup>3</sup>; также, как и в предыдущем случае, минимальное значение КПО для всего периода наблюдений составляло 0, максимальная КПО и вариационный размах менялись от 120 мкг/м<sup>3</sup> в 13 и 14 часов до 158 мкг/м<sup>3</sup> в 12 часов при среднедневном значении 132 мкг/м<sup>3</sup>, медианное значение КПО менялось от 25 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 40 мкг/м<sup>3</sup> в 15 и 16 часов при среднедневном значении 36,2 мкг/м<sup>3</sup>, модальное значение от 0 для всех часов наблюдений, кроме 16 часов (Mode = 40 мкг/м<sup>3</sup>), стандартное отклонение менялось от 21,3 мкг/м<sup>3</sup> в 19 часов до 24 мкг/м<sup>3</sup> в 15 часов при среднедневном значении 21,1 мкг/м<sup>3</sup>, коэффициент вариации – от 58,12% в 15 часов до 76,6 % в 11 часов при среднедневном значении

58,2%. Максимум КПО наблюдается в 15 часов. При этом  $KPO_{14ч} = KPO_{15ч} = KPO_{16ч}$ ,  $KPO_{15ч} > KPO_{17ч}$  с уровнем значимости по критерию Стьюдента  $\alpha$  не хуже 0,01 и  $KPO_{15ч} > KPO_{17ч}$  с  $\alpha$  не хуже 0,002. То есть наибольшие значения КПО наблюдаются в 14, 15 и 16 часов.

Таблица 1

Статистические характеристики среднечасовых значений концентрации приземного озона в Тбилиси в 1992-2003 и 1980-1991 гг по годовым данным. КПО – мкг/м<sup>3</sup>.

Час	11	12	13	14	15	16	17	18	19	11-19
<b>Парам</b>	<b>1992-2003</b>									
Mean	26,1	35,3	43,1	48,1	51,4	52,1	50,3	45,9	41,5	43,8
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	95	104	140	148	170	168	174	156	170	126,8
Interv	95	104	140	148	170	168	174	156	170	126,8
Median	23	34	43	47	51	51	49	46	41	42,3
Mode	0	36	46	56	46	42	45	40	36	29,6
St Dev	19,0	21,6	22,9	23,9	24,2	24,1	24,0	23,8	24,8	21,2
$\sigma_m$	0,75	0,85	0,90	0,94	0,95	0,95	0,94	0,93	0,97	0,83
$C_v$ (%)	72,8	61,2	53,2	49,7	47,1	46,2	47,8	51,8	59,7	48,5
$A_s$	0,66	0,35	0,34	0,49	0,68	0,65	0,64	0,50	0,48	0,40
K	-0,04	-0,35	0,41	1,13	2,01	1,90	1,82	1,19	1,08	0,55
Count	651	651	651	651	651	651	651	651	651	651
CONF 95% (+/-)	1,46	1,66	1,76	1,84	1,86	1,85	1,85	1,83	1,90	1,63
CONF L	24,7	33,7	41,4	46,3	49,5	50,3	48,4	44,0	39,6	42,1
CONF U	27,6	37,0	44,9	50,0	53,3	54,0	52,1	47,7	43,4	45,4
<b>Парам</b>	<b>1980-1992</b>									
Mean	28,8	34,1	38,2	40,7	41,3	40,7	38,1	34,2	30,2	36,2
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	136	158	120	120	140	155	144	144	144	132
Interv	136	158	120	120	140	155	144	144	144	132
Median	25	32	37,5	39	40	40	38	33	29	36,2
Mode	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
St Dev	22,0	23,4	23,7	23,9	24,0	23,9	23,1	22,3	21,3	21,1
$\sigma_m$	0,68	0,73	0,74	0,74	0,75	0,74	0,72	0,69	0,66	0,66
$C_v$ (%)	76,6	68,7	62,1	58,7	58,1	58,7	60,8	65,3	70,6	58,2
$A_s$	0,73	0,55	0,30	0,26	0,28	0,41	0,31	0,38	0,51	0,26
K	0,21	0,25	-0,50	-0,51	-0,32	0,33	-0,21	-0,15	0,11	-0,29
Count	1036	1036	1036	1036	1036	1036	1036	1036	1036	1036
CONF 95% (+/-)	1,34	1,43	1,45	1,45	1,46	1,46	1,41	1,36	1,30	1,29
CONF L	27,4	32,6	36,8	39,2	39,9	39,2	36,7	32,9	28,9	35,0
CONF U	30,1	35,5	39,6	42,1	42,8	42,2	39,5	35,6	31,5	37,5
$\alpha$ крит. Стьюдента	0,01	0,25	0,001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Теоретические значения стандартного отклонения коэффициента асимметрии и эксцесса для 1036 дней наблюдений соответственно составляет 0,076 и 0,15. Как и в предыдущем случае, для

каждого времени наблюдений нет ни одного случая, чтобы одновременно абсолютные значения рассчитанных коэффициентов асимметрии и эксцесса были меньше утренних теоретических значений их стандартных отклонений. Поэтому в генеральной совокупности функции распределения среднечасовых и среднедневных значений КПО также не являются нормальными. Анализ таблицы 1 также показывает, что среднедневная КПО в 1992 – 2003 гг. по сравнению с 1980 – 1991 гг. выросла на 7,6 мкг/м<sup>3</sup> (или на 21%). Максимальный рост КПО в указанные два периода времени составил 12,2 для 17 часов (или 32%). При этом интересно отметить, что в 1992 – 2003 гг., по сравнению с 1980 – 1991 гг., рост КПО отмечался для всех времён наблюдений, за исключением 11 часов. В 11 часов напротив, в советский период значение КПО было на 2,6 мкг/м<sup>3</sup> выше, чем в постсоветский.

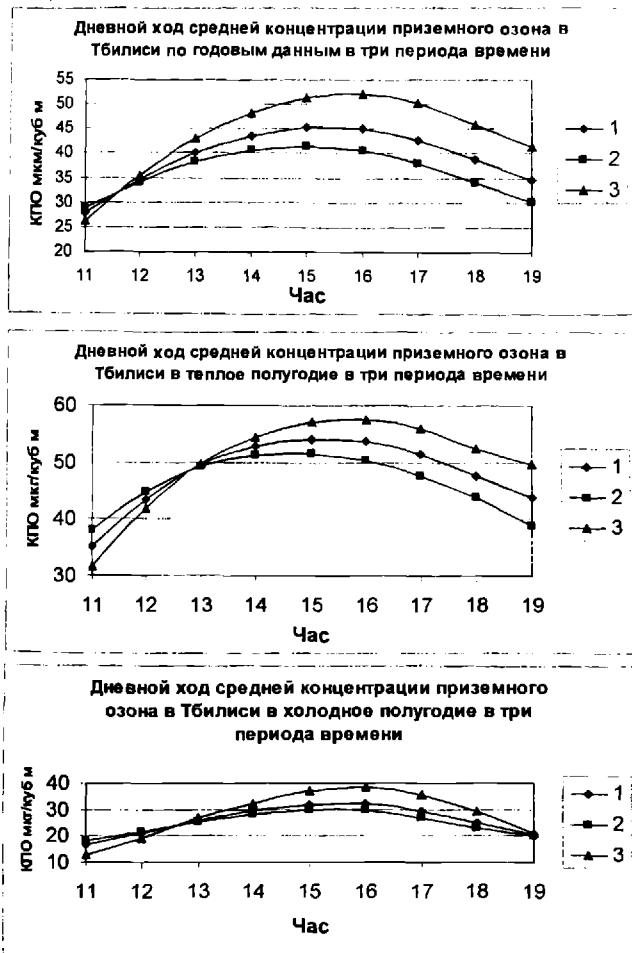


Рис. 1. 1 – 1980—2003гг.; 2 – 1980-1991 гг.; 3 – 1992-2003 гг.

Дополнительно к таблице 1, на рисунке (верхний график) для наглядности приведён дневной ход КПО в Тбилиси по годовым данным для периодов времени 1980 – 2003 гг., 1980 – 1991 гг. и 1992 – 2003 гг.

Таблица 2

Статистические характеристики среднечасовых значений концентрации приземного озона в Тбилиси в 1992-2003 и 1980-1991 гг по данным за теплое полугодие. КПО – мкг/м<sup>3</sup>.

Час	11	12	13	14	15	16	17	18	19	11-19
<b>Парам</b>	<b>1992-2003</b>									
Mean	31,5	41,8	49,7	54,4	57,1	57,6	56,1	52,5	49,6	50,0
Min	0	0	1	1	2	3	2	2	1	2,9
Max	95	104	140	148	170	168	174	156	170	126,8
Interv	95	104	139	147	168	165	172	154	169	123,9
Media n	30	40	48	54	55	56	55	51	48	47,9
Mode	16	32	46	44	46	42	45	61	36	29,6
St Dev	17,9	19,6	20,6	21,9	22,5	22,6	22,3	21,3	21,3	18,9
$\sigma_m$	0,83	0,91	0,96	1,02	1,04	1,05	1,03	0,99	0,99	0,88
C <sub>v</sub> (%)	56,7	46,9	41,4	40,3	39,3	39,3	39,7	40,7	43,0	37,9
A <sub>s</sub>	0,50	0,30	0,52	0,82	1,12	1,03	0,98	0,87	0,93	0,69
K	-0,14	-0,10	1,21	2,04	3,28	2,92	2,75	2,55	2,93	1,24
Count	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464
CONF 95% (+/-)	1,63	1,79	1,87	2,00	2,05	2,06	2,03	1,94	1,94	1,73
CONF L	29,9	40,0	47,8	52,4	55,0	55,6	54,0	50,5	47,7	48,3
CONF u	33,1	43,6	51,6	56,4	59,1	59,7	58,1	54,4	51,6	51,8
<b>Парам</b>	<b>1980-1992</b>									
Mean	38,1	44,9	49,2	51,3	51,4	50,3	47,8	43,8	39,0	46,2
Min	0	2	3	3	2	2	0	2	0	2,9
Max	136	158	120	120	140	155	144	144	144	132,0
Interv	136	156	117	117	138	153	144	142	144	129,1
Media n	36	43	48	50	50	48	45	42	38	45,7
Mode	30	32	40	50	44	48	44	50	32	39,6
St Dev	20,5	21,0	20,9	21,0	21,4	21,3	20,1	19,0	18,7	17,8
$\sigma_m$	0,87	0,90	0,89	0,89	0,91	0,91	0,86	0,81	0,80	0,76
C <sub>v</sub> (%)	53,8	46,9	42,4	40,9	41,7	42,4	42,0	43,4	48,0	38,6
A <sub>s</sub>	0,71	0,64	0,30	0,30	0,35	0,69	0,47	0,58	0,67	0,42
K	0,71	1,32	-0,17	-0,27	0,05	1,30	0,65	1,04	1,48	0,52
Count	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551
CONF 95% (+/-)	1,71	1,76	1,75	1,75	1,79	1,78	1,68	1,59	1,56	1,49
CONF L	36,4	43,1	47,5	49,5	49,6	48,5	46,1	42,2	37,4	44,7
CONF u	39,8	46,6	51,0	53,0	53,2	52,1	49,5	45,4	40,5	47,7
$\alpha$ крит. Стьюд ента	0,001	0,02	1	0,02	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0001	0,002

В таблице 2 представлены статистические характеристики среднечасовых значений концентрации приземного озона в Тбилиси в дневное время с 11 до 19 часов по данным за тёплое

полугодие в период 1992 – 2003 гг. (464 дня непрерывных измерений) и 1980 – 1991 гг. (551 день непрерывных измерений).

Из этой таблицы следует, что диапазон изменений основных статистических характеристик КПО в 1992 – 2003 гг. составлял: средняя КПО менялась от 31,5 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 57,6 мкг/м<sup>3</sup> в 16 часов при средненежном значении 50 мкг/м<sup>3</sup>, минимальное значение КПО составляло от 0 в 11 и 12 часов до 3 мкг/м<sup>3</sup> в 16 часов при средненежном значении 2,9 мкг/м<sup>3</sup>, максимальная КПО менялась от 95 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 174 мкг/м<sup>3</sup> в 17 часов при средненежном значении 126,8 мкг/м<sup>3</sup>, вариационный размах менялся от 95 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 172 мкг/м<sup>3</sup> в 17 часов при средненежном значении 123,9 мкг/м<sup>3</sup>, медианное значение КПО менялось от 30 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 56 мкг/м<sup>3</sup> в 16 часов при средненежном значении 47,9 мкг/м<sup>3</sup>, модальное значение от 16 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 61 мкг/м<sup>3</sup> в 18 часов при средненежном значении 29,6 мкг/м<sup>3</sup>, стандартное отклонение от 17,9 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 22,6 мкг/м<sup>3</sup> в 16 часов при средненежном значении 18,9 мкг/м<sup>3</sup>, коэффициент вариации – от 39,3% в 15 и 16 часов до 56,7% в 11 часов при средненежном значении 37,9%. Максимум КПО наблюдается в 16 часов. При этом  $KPO_{16ч} = KPO_{15ч} > KPO_{16ч} > KPO_{14ч}$  с уровнем значимости по критерию Стьюдента  $\hat{\alpha}$  не хуже 0,02 и  $KPO_{16ч} > KPO_{17ч}$  с  $\hat{\alpha}$  не хуже 0,3. Т. е. наибольшие значения КПО наблюдаются в 15 и 16 часов.

Теоретические значения стандартного отклонения коэффициента асимметрии и эксцесса для 464 случаев наблюдений соответственно составляет 0,11 и 0,23. Для всех периодов наблюдений, кроме 12 часов, нет ни одного случая, чтобы одновременно абсолютные значения рассчитанных коэффициентов асимметрии и эксцесса были меньше утренних теоретических значений их стандартных отклонений. Поэтому в генеральной совокупности функции распределения среднечасовых и средненежных значений КПО для указанных времён (кроме 12 часов) не являются нормальными. Для 12 часов функция распределения КПО имеет вид нормального.

В 1980 – 1991 гг. диапазон изменений основных статистических характеристик КПО для тёплого полугодия составлял: средняя КПО менялась от 38,1 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 51,4 мкг/м<sup>3</sup> в 15 часов при средненежном значении 46,2 мкг/м<sup>3</sup>, минимальное значение КПО составляло 0 для 11, 17 и 19 часов, при максимальном значении 3 мкг/м<sup>3</sup> в 13 и 14 часов и средненежном значении 2,9 мкг/м<sup>3</sup>, максимальная КПО менялась от 120 мкг/м<sup>3</sup> в 13 и 14 часов до 158 мкг/м<sup>3</sup> в 12 часов при средненежном значении 132 мкг/м<sup>3</sup>, вариационный размах менялся от 117 мкг/м<sup>3</sup> в 13 и 14 часов до 156 мкг/м<sup>3</sup> в 12 часов при средненежном значении 129,1 мкг/м<sup>3</sup>, медианное значение КПО менялось от 36 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 50 мкг/м<sup>3</sup> в 14 и 15 часов при средненежном значении 45,7 мкг/м<sup>3</sup>, модальное значение от 30 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 50 мкг/м<sup>3</sup> в 14 и 18 часов при средненежном значении 39,6 мкг/м<sup>3</sup>, стандартное отклонение – от 18,7 мкг/м<sup>3</sup> в 19 часов до 21,4 мкг/м<sup>3</sup> в 15 часов при средненежном значении 17,8 мкг/м<sup>3</sup>, коэффициент вариации – от 40,9% в 14 часов до 53,8% в 11 часов при средненежном значении 38,6%. Максимум КПО наблюдается в 15 часов. При этом  $KPO_{14ч} = KPO_{15ч} > KPO_{16ч} > KPO_{15ч} > KPO_{13ч}$  с уровнем значимости по критерию Стьюдента  $\hat{\alpha}$  не хуже 0,1 и  $KPO_{15ч} > KPO_{17ч}$  с  $\hat{\alpha}$  не хуже 0,01. То есть наибольшие значения КПО наблюдаются в 14, 15 и 16 часов.

Теоретические значения стандартного отклонения коэффициента асимметрии и эксцесса для 551 случая наблюдений соответственно составляет 0,1 и 0,21. В данном случае, в генеральной совокупности функции распределения среднечасовых значений КПО нормальны для 13 и 14 часов, для остальных времён наблюдений – отличны от нормального.

Среднедневная КПО в 1992 – 2003 гг. по сравнению с 1980 – 1991 гг. в тёплое полугодие выросла на 3,8 (или на 8,2%). Максимальный рост КПО в указанные два периода времени составил 10,6 для 19 часов (или 27,2%). При этом, в 1992 – 2003 гг. по сравнению с периодом 1980 – 1991 гг. в 11 и 12 часов отмечалось уменьшение КПО, в 13 часов неизменность, а в остальные часы – рост.

На рисунке (средний график) приведён дневной ход КПО в Тбилиси по данным за тёплое полугодие для периодов времени 1980 – 2003 гг., 1980 – 1991 гг. и 1992 – 2003 гг.

Наконец, в таблице 3 представлены статистические характеристики среднечасовых значений концентрации приземного озона в Тбилиси в дневное время с 11 до 19 часов по данным за холодное полугодие в период 1992 – 2003 гг. (187 дней непрерывных измерений) и 1980 – 1991 гг. (485 дней непрерывных измерений).

Диапазон изменений основных статистических характеристик КПО 1992 – 2003 гг. в холодное полугодие составлял: средняя КПО менялась от 12,9 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 38,5 мкг/м<sup>3</sup> в 16 часов при средненежном значении 28,2 мкг/м<sup>3</sup>, так как минимальное значение КПО для всего периода

наблюдений составляло 0, максимальная КПО и вариационный размах менялись от 86 мкг/м<sup>3</sup> в 13 и 19 часов до 135 мкг/м<sup>3</sup> в 17 часов при средненежном значении 86,1 мкг/м<sup>3</sup>,

Таблица 3

Статистические характеристики среднечасовых значений концентрации приземного озона в Тбилиси в 1992-2003 и 1980-1991 гг по данным за холодное полугодие. КПО – мкг/м<sup>3</sup>.

Час	11	12	13	14	15	16	17	18	19	11-19
<b>Парам</b>	<b>1992-2003</b>									
<b>Mean</b>	12,9	19,3	26,8	32,4	37,3	38,5	35,8	29,4	21,3	28,2
<b>Min</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Max</b>	86	94	90	94	105	112	135	90	86	86,1
<b>Interv</b>	86	94	90	94	105	112	135	90	86	86,1
<b>Media n</b>	8	14	23	32	37	39	35	25	15	25,8
<b>Mode</b>	0	0	0	18	40	32	45	12	0	38,7
<b>St Dev</b>	14,9	17,7	20,3	21,4	22,7	22,3	22,2	21,5	20,8	18,5
<b><math>\sigma_m</math></b>	1,09	1,29	1,49	1,57	1,66	1,63	1,63	1,57	1,53	1,35
<b><math>C_v</math> (%)</b>	115,9	91,5	75,7	66,0	60,8	57,8	61,9	72,9	97,9	65,5
<b><math>A_1</math></b>	2,08	1,20	0,72	0,40	0,40	0,32	0,61	0,65	0,98	0,64
<b>K</b>	6,02	1,53	0,08	-0,57	-0,32	-0,30	0,98	-0,35	0,15	0,07
<b>Count</b>	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187
<b>CONF 95% (+/-)</b>	2,14	2,54	2,91	3,08	3,26	3,20	3,19	3,09	2,99	2,65
<b>CONF L</b>	10,7	16,8	23,9	29,4	34,0	35,3	32,7	26,4	18,3	25,5
<b>CONF u</b>	15,0	21,8	29,7	35,5	40,6	41,7	39,0	32,5	24,3	30,9
<b>Парам</b>	<b>1980-1992</b>									
<b>Mean</b>	18,2	21,8	25,7	28,6	29,9	29,8	27,1	23,3	20,3	24,9
<b>Min</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Max</b>	82	81	84	88	105	122	101	84	84	81,8
<b>Interv</b>	82	81	84	88	105	122	101	84	84	81,8
<b>Media n</b>	12	16	22	26	27	27	24	18	14	21,6
<b>Mode</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>St Dev</b>	18,7	19,6	20,3	21,1	21,6	21,9	21,4	20,8	19,7	18,7
<b><math>\sigma_m</math></b>	0,85	0,89	0,92	0,96	0,98	1,00	0,97	0,94	0,90	0,85
<b><math>C_v</math> (%)</b>	103,0	90,1	79,1	73,8	72,1	73,6	79,2	89,1	97,5	75,0
<b><math>A_1</math></b>	1,20	0,87	0,61	0,53	0,48	0,54	0,62	0,79	0,91	0,61
<b>K</b>	0,63	-0,15	-0,60	-0,59	-0,54	-0,33	-0,51	-0,35	-0,14	-0,50
<b>Count</b>	485	485	485	485	485	485	485	485	485	485
<b>CONF 95% (+/-)</b>	1,67	1,75	1,81	1,88	1,92	1,95	1,91	1,85	1,76	1,67
<b>CONF L</b>	16,5	20,0	23,9	26,7	28,0	27,8	25,1	21,5	18,5	23,3
<b>CONF u</b>	19,8	23,5	27,5	30,4	31,8	31,7	29,0	25,2	22,0	26,6
<b><math>\alpha</math> крит. Стьюдента</b>	0,001	0,1	1	0,02	0,001	0,001	0,001	0,002	1	0,05

медианное значение КПО менялось от 8 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 39 мкг/м<sup>3</sup> в 16 часов при средненежном значении 25,8 мкг/м<sup>3</sup>, модальное значение от 0 мкг/м<sup>3</sup> в 11-13 и 19 часов до 45

мкг/м<sup>3</sup> в 17 часов при средненежном значении 38,7 мкг/м<sup>3</sup>, стандартное отклонение – от 14,9 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 22,7 мкг/м<sup>3</sup> в 15 часов при средненежном значении 18,5 мкг/м<sup>3</sup>, коэффициент вариации – от 57,89% в 16 часов до 115,9 % в 11 часов при средненежном значении 65,5%. Максимум КПО наблюдается в 16 часов. При этом  $KPO_{15ч} = KPO_{16ч}$ ,  $KPO_{16ч} > KPO_{14ч}$  с уровнем значимости по критерию Стьюдента  $\hat{\alpha}$  не хуже 0,01 и  $KPO_{16ч} > KPO_{17ч}$  с  $\hat{\alpha}$  не хуже 0,25. То есть наибольшие значения КПО наблюдаются в 15 и 16 часов.

Теоретические значения стандартного отклонения коэффициента асимметрии и эксцесса для 187 случаев наблюдений соответственно составляет 0,18 и 0,36. Для 14,15 и 16 часов функции распределения КПО в генеральной совокупности имеют нормальный вид, для остальных часов наблюдений – отличны от нормального.

Из той же таблицы следует, что в 1980 – 1991 гг. диапазон изменения основных статистических характеристик КПО в холодное полугодие составлял: средняя КПО менялась от 18,2 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 29,9 мкг/м<sup>3</sup> в 15 часов при средненежном значении 24,9 мкг/м<sup>3</sup>, так же, как и в предыдущем случае, минимальное значение КПО для всего периода наблюдений составляло 0, максимальная КПО и вариационный размах менялись от 81 мкг/м<sup>3</sup> в 12 часов до 122 мкг/м<sup>3</sup> в 16 часов при средненежном значении 81,8 мкг/м<sup>3</sup>, медианное значение КПО менялось от 12 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 27 мкг/м<sup>3</sup> в 15 и 16 часов при средненежном значении 21,6 мкг/м<sup>3</sup>, модальное значение от 0 для всех часов наблюдений, стандартное отклонение менялось от 18,7 мкг/м<sup>3</sup> в 11 часов до 21,9 мкг/м<sup>3</sup> в 16 часов при средненежном значении 18,7 мкг/м<sup>3</sup>, коэффициент вариации – от 72,1% в 15 часов до 103 % в 11 часов при средненежном значении 75%. Максимум КПО наблюдается в 15 часов. При этом  $KPO_{15ч} = KPO_{16ч}$ ,  $KPO_{15ч} > KPO_{14ч}$  с уровнем значимости по критерию Стьюдента  $\hat{\alpha}$  не хуже 0,35 и  $KPO_{15ч} > KPO_{17ч}$  с  $\hat{\alpha}$  не хуже 0,05. То есть наибольшие значения КПО наблюдаются в 15 и 16 часов.

Теоретические значения стандартного отклонения коэффициента асимметрии и эксцесса для 485 случаев наблюдений соответственно составляет 0,11 и 0,22. Для каждого времени наблюдений, нет ни одного случая, чтобы одновременно абсолютные значения рассчитанных коэффициентов асимметрии и эксцесса были меньше утроенных теоретических значений их стандартных отклонений. Поэтому в генеральной совокупности функции распределения среднечасовых и средненежных значений КПО не являются нормальными.

Средненежная КПО в холодное полугодие в 1992 – 2003 гг. по сравнению с 1980-1991 гг. выросла всего на 3,3 мкг/м<sup>3</sup> (или на 1,3%). Максимальный рост КПО в указанные два периода времени составил 8,8 мкг/м<sup>3</sup> для 16 и 17 часов (или соответственно 29 и 32%). В 1992-2003 гг., по сравнению с 1980-1991 гг. рост КПО отмечался для времён с 14 по 18 часов. В 13 и 19 часов в холодное полугодие КПО для обоих периодов лет одинаковы, а в 11 и 12 часов КПО в советский период была выше, чем в постсоветский.

Отметим, что в таблицах 1-3 приведены также значения стандартных ошибок средних значений КПО, величины 95%-ых доверительных интервалов средних и уровней значимости критерия Стьюдента для сравнительных средних КПО в различные времена наблюдений.

Дополнительно к таблице 3 на рисунке (нижний график) для иллюстрации приведён дневной ход КПО в Тбилиси по данным за холодное полугодие для 1980-2003 гг., 1980-1991 гг. и 1992-2003 гг.

Интересно отметить, что по годовым данным и по данным за тёплое полугодие в 1980-1991 гг., максимальные КПО приходились на послеполуденные часы – на 14, 15 и 16 часов, а в 1992-2003 гг. – на 15 и 16 часов. То есть во второй промежуток времени на фоне роста КПО примерно на час сократилась продолжительность с максимальным значением КПО. Для холодного полугодия такого же эффекта не наблюдается и максимум КПО для обоих периодов времени приходится на 15 и 16 часов. Объяснение этого эффекта – предмет дальнейших исследований.

## Литература

1. ხარჩილაკა ჯ., ლოქავიშვილი მ. - ტროპოსფერული ოზონის ვარიაციები საქართველოში, სამეცნიერო სესია "პავის თანამედროვე ცვლილება საქართველოში", თბილისი, მეცნიერება, 1998, 21-23.
2. Bojkov R.D., Hudson R.D., Bishop L., Fioletov F., Russell III J.M., Stolarski R.S., Uchino O., Zerefos C.S. - Ozone variability and trends, WMO Scientific Assessment of ozone Depletion: 1998. Global ozone Reserch and Monitoring Project – Report No.44, Geneva 1999

3. Kharchilava D., Amiranashvili A., Amiranashvili V., Chikhladze V., Gabedava V. - Long-term variations of atmospheric ozone in Georgia and their connection with human health, Proc. I International conference on Ecology and Environmental management in Caucasus. Tbilisi, Georgia, 6 – 7 October 2001, Foundation "Caucasus Environment", Tbilisi, 2001, 80 – 82.
4. Lefohn, A.S. Oltmans S.J., Dann T., Singh H.B. - Present-day variability of Background ozone in the lower troposphere, J. Geophys. Res. 106 (D9), 2001, 9945 – 9958.
5. Senik, I.A., Elansky, N.F. - Surface Ozone Concentration Measurements at the Kislovodsk High-Altitude Scientific Station: Temporal Variations and Trend, ФАО, 2001. V. 37. Suppl. 1. P. S110-S119.
6. WMO (World Meteorological Organization), Global Ozone Research and Monitoring Project. Report No. 43, Geneva, 1998.
7. Арабов А.Я., Белоглазов М.И., Еланский И.Ф., Карпечко А.Ю., Коргунова З.В., Кузнецов Г.И., Поволотская Н.П., Сеник И.А., Тарасова О.А. - Особенности вариаций концентрации приземного озона над европейской частью России, «Физические проблемы экологии (экологическая физика)», сборник научных трудов, под ред. В.И.Трухина, Ю.А. Пирогова, К.В. Показеева, М: МАКС Пресс, №9,2002, с.56-69
8. Белан Б.Д., Скляднева Т.К. - Суточный ход концентрации приземного озона в районе г. Томск, Метеорология и гидрология, N 5, 2001, 50 – 60.
9. Беликов И.Б., Егоров В.И., Еланский Н.Ф., и др.- Положительные аномалии приземного озона в июле-августе 2002 г. в Москве и её окрестностях. Известия РАН. Физика атмосферы и океана, том 40, № 1, 2004, 75-86.
10. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. – Таблицы математической статистики, М., Наука, 1983, 1-416.
11. Ван дер Варден Б.Л. – Математическая статистика, М., ИЛ, 1960, 1-434.
12. Кэндэл М. – Временные ряды, М., Финансы и статистика, 1981, 1-200.
13. Мюллер П., Нойман П., Штурм Р. – Таблицы по математической статистике, М., Финансы и статистика, 1982, 1-267.
14. Панкратова Н.В., Арабов А.Я., Беликов И.Б., Еланский Н.Ф., Савиных В.В., Сеник И.А., Скороход А.И., Демин В.В., Косолапенко В.И. – Режим приземного озона по данным наблюдений на сети станций ИФА РАН, Сб. докл. 3-ей Межд. конф. "Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов", Кисловодск, 21-24 апреля 2003, 32-33.
15. Пановский Г.А., Брайер Г.А. – Статистические методы в метеорологии, Л., Гидрометеоиздат, 1967, 1-243.
16. Чикхладзе В.А. - Результаты исследований вариаций концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2003 гг, Труды Института геофизики АН Грузии, том 58, 2003 .

**ქ. თბილისში 1980 – 2003 წლებში მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის საშუალო დღიური და საათობრივი მნიშვნელობების ცვალებადობა**

კ. ჩიხლაძე

რეზიუმე

მოყვანილია 1980-1991 და 1992-2003 წლებში ქ. თბილისში მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის საშუალო დღიური და საათობრივი მნიშვნელობების სტატისტიკური მახასიათებლები და კვლევის შედეგები დღის 11-დან 19 საათამდე გაზომილი წლის და წელიწადის თბილი და ცივი პერიოდების მონაცემების მიხედვით.



**ИЗМЕНЧИВОСТЬ СРЕДНЕДНЕВНЫХ И ЧАСОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ  
КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В ТБИЛИСИ В 1980 – 2003 ГГ.**

**Чихладзе В.А.**

Реферат

Приведены статистические характеристики и результаты исследований среднедневных и часовых значений концентрации приземного озона в Тбилиси в 1980-1991 и 1992-2003 гг. по данным за год, тёплый и холодный периоды года, измеренных с 11 до 19 часов.

**CHANGEABILITY OF THE MEAN DIURNAL AND HOUR VALUES OF THE  
SURFACE OZONE CONCENTRATION IN TBILISI IN 1980 - 2003**

**Chikhladze V.**

Abstract

Statistical characteristics and results of studies of the mean diurnal and hour values of the surface ozone concentration in Tbilisi in 1980-1991 and 1992-2003 according to the data during the year, warm and cold periods of year, measured from 11 to 19 hours, are given.