

Результаты исследований вариаций концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2003 гг

В.А. Чихладзе

Усиление в последнее время внимания в мире к наблюдениям приземного озона связано со следующими основными факторами: 1) озон является токсичным загрязнителем атмосферы, концентрация которого нередко превышает предельно допустимую, вследствие чего Всемирная организация здравоохранения включила его в список пяти основных загрязнителей, содержание которых необходимо контролировать при определении качества воздуха; 2) озон играет ключевую роль в химических и фотохимических процессах в тропосфере, обуславливая ее окислительную способность; 3) обеспокоенность вызывают наблюдаемый в обширных континентальных районах Северного полушария как общий рост тропосферного и приземного озона, так и эпизоды с его повышенными значениями, что может играть существенную роль в прямых и косвенных радиационных эффектах, обуславливающих изменение регионального и глобального климата [1-3].

В Грузии имеются давние традиции исследований атмосферного озона, которые были начаты в Абастуманской Астрофизической Обсерватории АН Грузии в 1957 году путем организации систематических наблюдений за общим содержанием озона, и продолжают в настоящее время [2,4]. С 1980 г по сей день Институтом геофизики в Тбилиси ведутся регулярные исследования концентрации приземного озона, а в Руисири и других районах Грузии – экспедиционные работы. Результаты исследований представлены в одной монографии, а также более чем в 100 научных статьях, значительное количество которых опубликовано или передано в печать в последнее время [2-10]. Помимо научного интереса эти исследования имеют и практическую ценность – прогнозирование глобальных и локальных климатических эффектов, изменений в экосистемах, защита здоровья населения и др. В данной работе представлены результаты исследований вариаций концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2003 гг., выполненных в Институте геофизики АН Грузии в последнее время.

1. Проведен линейный корреляционный анализ данных о концентрации приземного озона (КПО) различных масштабов осреднения друг с другом в период с 1984 по 2003 гг. В частности получены следующие результаты:

1.1 Корреляционные связи между среднемесячными, сезонными, полугодовыми и годовыми величинами КПО в Тбилиси с уровнем значимости $\alpha = 0.1$ наблюдаются в 125 случаях из всех 171 пар коэффициентов корреляции 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.

1.2. Лучше всего коррелируют средние значения КПО за теплое полугодие и 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 имеется всего лишь 7 и 8 пар значимых величин R).

2. Проведен статистический анализ концентрации приземного озона различного масштаба осреднения в 1984-2003 гг

2.1 Статистический анализ среднемесячных значений концентрации приземного озона в частности показал, что среднее значение КПО меняется от 23 мкг/м³ в декабре до 63 мкг/м³ в апреле, минимальное значение КПО меняется от 3 мкг/м³ в январе до 48 мкг/м³ в июне, максимальное – от 38 мкг/м³ в декабре до 107 мкг/м³ в марте. Коэффициент асимметрии меняется от -0,59 в августе до 0,78 в октябре, коэффициент эксцесса – от -1,35 в ноябре до 1,8 в июне. В генеральной совокупности функции распределения среднемесячных значений КПО для всех месяцев года близки к нормальным.

2.2 Статистический анализ среднесезонных, полугодовых и годовых значений концентрации приземного озона в частности показал, что среднее значение КПО меняется от 33 мкг/м³ зимой до 6 мкг/м³ весной, минимальное значение КПО меняется от 11 мкг/м³ в зимой до 42 мкг/м³ в теплое полугодие, максимальное – от 53 мкг/м³ зимой до 83 мкг/м³ весной. Коэффициент асимметрии меняется от -0,44 летом до 0,15 осенью, коэффициент эксцесса – от -1,26 зимой, весной и в холодное полугодие до 0 в теплое полугодие. В генеральной совокупности функции распределения среднемесячных значений КПО для всех сезонов года, полугодий и года близки к нормальным.

3. Проведен анализ устойчивости рядов КПО различного масштаба осреднения в 1984-2003 гг

3.1. Анализ устойчивости временных рядов среднемесячных значений концентрации приземного озона показал, что коэффициент линейной корреляции между среднемесячными значениями КПО и годами меняется от 0,15 в июле до 0,55 в ноябре, значение коэффициента ранговой корреляции Кэндела меняется от 0 в июле до 0,45 в феврале, значение коэффициента ранговой корреляции Спирмена меняется от 0 в июле до 0,52 в феврале, значение коэффициента автокорреляции при лаге 1 год меняется от 0,03 в апреле до 0,61 в декабре. Таким образом временные ряды среднемесячных значений КПО в основном являются неслучайными и автокоррелированными. Близким к случайным неавтокоррелированным рядам относятся ряды за июнь, июль и август.

3.2 Анализ устойчивости временных средних сезонных, полугодовых и годовых значений концентрации приземного озона показал, что коэффициент линейной корреляции между указанными значениями КПО и годами меняется от 0,25 летом до 0,52 в холодное полугодие и год, значение коэффициента ранговой корреляции Кэндела меняется от 0,14 летом до 0,4 в холодное полугодие, значение коэффициента ранговой корреляции Спирмена меняется от 0,21 летом до 0,52 зимой, значение коэффициента автокорреляции при лаге 1 год меняется от 0,15 летом до 0,65 в год. Таким образом во временных рядах средних сезонных, полугодовых и годовых значений КПО признаки неслучайности и автокоррелированности выражены еще более ярко, чем в рядах среднемесячных значений КПО. Относительно слабая автокорреляция и слабые признаки неслучайности наблюдаются лишь во временном ряде средних летних значений КПО.

3.3 Учет автокорреляции в рядах наблюдений за средними значениями КПО для целого ряда случаев существенно расширяет диапазон доверительного интервала средних. Так, например, эти доверительные интервалы без учета и с учетом автокорреляции в рядах наблюдений соответственно составляют: для января 6,5 и 9,6 мкг/м³, феврале 7,2 и 11,9 мкг/м³, марте 9,5 и 19,1 мкг/м³, октябре 5,1 и 8,0 мкг/м³, ноябре 6,4 и 9,7 мкг/м³, декабре 4,2 и 8,5 мкг/м³, зимой 5,4 и 10,3 мкг/м³, весной 6,3 и 10 мкг/м³, осенью 4,3 и 7,7 мкг/м³, теплое полугодие 3,2 и 5,1 мкг/м³, холодное полугодие 5,5 и 12,9 мкг/м³, год 4,0 и 8,7 мкг/м³. Соответственно относительная ошибка средних значений КПО без учета и с учетом автокорреляции составляет: для января 19 и 28%, февраля 16,5 и 27,5%, марта 15,9 и 31,8%, октября 12,6 и 19,8%, ноябре 19,2 и 28%, декабре 18,2 и 37,1, зимой 16,1 и 30,8%, весной 10,4 и 16,4%, осенью 10,5 и 18,9%, теплое полугодие 5,7 и 9,1%

холодное полугодие 14,1 и 33 %, год 8,4 и 18,3% . (Для всех указанных в этом абзаце величин для простоты представления опущен знак \pm).

4. Проведен анализ изменчивости концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2003 гг. В частности получены следующие результаты:

4.1 За исключением летних месяцев временной ход среднемесячных значений КПО для всех остальных 9 месяцев года в период с 1984 по 2003 гг достаточно удовлетворительно (α не хуже 0,01) описывается полиномом третьей степени. Для этих последних месяцев в линиях регрессии хорошо прослеживается рост среднемесячных значений КПО в первые 14-15 лет исследуемого периода, а затем спад в течение 5-6 последующих лет . Что касается летних месяцев, то в данном случае временная зависимость среднемесячных значений КПО выражена достаточно слабо.

4.2 Рассмотрена изменчивость внутригодового хода среднемесячных значений КПО в Тбилиси в различные периоды времени. Выявилось, что максимум КПО в его внутригодовом ходе с течением времени постепенно перемещался от мая-июня к марту и обратно. В 1984-1988 гг максимум КПО в среднем отмечался в мае-июне (54,8 и 55,2 мкг/м^3 соответственно), в 1989-1993 гг – в марте-апреле (60,6 и 60 мкг/м^3 соответственно) , в 1994-1998 гг в марте (84 мкг/м^3), в 1999-2003 гг – в апреле-мае (по 63 мкг/м^3), за весь период наблюдений с 1984 по 2003 гг – в апреле (63 мкг/м^3), в советский период – 1984-1991 гг – в июне (53,4 мкг/м^3), в постсоветский период – 1992-2003 гг – в марте (71,9 мкг/м^3). Минимальные концентрации приземного озона во внутригодовом его ходе для всех периодов осреднения наблюдались в декабре и менялись в пределах от 11,2 до 32,1 мкг/м^3 .

4.3 Изучена изменчивость средних КПО за сезон, полугодия и год в период с 1984 по 2003 гг. В указанных рядах наблюдений был выделен тренд (антропогенная составляющая КПО) и случайная составляющая КПО. Как и для временного хода среднемесячных значений КПО, за исключением летнего сезона, тренды средних КПО зимой, весной, осенью, в теплое и холодное полугодия, и за год вполне удовлетворительно описываются полиномами третьей степени.

4.4 В среднем в период с 1984 по 2003 гг случайная составляющая КПО составляла: зимой – 12 мкг/м^3 , весной – 16,8 мкг/м^3 , летом – 15,9 мкг/м^3 , осенью – 15,5 мкг/м^3 , в теплое полугодие – 10 мкг/м^3 , в холодное полугодие – 11,6 мкг/м^3 , в среднем в год – 9 мкг/м^3 . За этот же период времени антропогенная составляющая КПО составляла: зимой – 21,1 мкг/м^3 , весной – 44,4 мкг/м^3 , летом – 38,4 мкг/м^3 , осенью – 25,2 мкг/м^3 , в теплое полугодие – 45,8 мкг/м^3 , в холодное полугодие – 27,4 мкг/м^3 , в среднем в год – 38,4 мкг/м^3 .

4.5 При примерно равных значениях случайной составляющей КПО ее антропогенная составляющая в 1984-1991 гг и в 1992-2003 гг соответственно составляли: зимой – 12,8 и 27,3 мкг/м^3 , весной – 33,7 и 51,6 мкг/м^3 , летом – 14,8 и 16,6 мкг/м^3 (практически не изменилось), осенью – 18,6 и 29,6 мкг/м^3 , в теплое полугодие – 41,3 и 48,8 мкг/м^3 , в холодное полугодие – 17,4 и 34,1 мкг/м^3 , в среднем в год – 31,3 и 43,1 мкг/м^3 .

4.6 В период с 1984 по 2003 гг в среднем доля случайной составляющей КПО от измеренных значений соответственно составляла: зимой – 35,7%, весной – 27,4%, летом – 29,3 %, осенью – 38%, в теплое полугодие – 18%, в холодное полугодие – 29,6%, в среднем в год – 18,9%. В 1984-1991 гг и в 1992-2003 гг эти доли соответственно составляли: зимой – 44,7 и 32,3 %, весной – 30,9 и 25,8 %, летом – 28,9 и 29,5 % (практически неизменность), осенью – 45,4 и 34,3%, в теплое полугодие – 18 и 18 %, в холодное полугодие – 37,5 и 26,5%, в среднем в год – 20,3 и 18,3%.

4.7 Изучены корреляционные связи между случайными составляющими КПО различного масштаба осреднения . В частности, среднегодовое значение случайной составляющей КПО, как и в случае с суммарной концентрацией озона, также находится в достаточно хорошей корреляционной связи с КПО зимой ($R = 0,58$), весной ($R = 0,84$),

летом ($R = 0,43$), осенью ($R = 0,68$), в теплое ($R = 0,84$) и холодное ($R = 0,82$) полугодие. По сравнению со случаем с общей концентрацией озона для зимы, весны, осени и холодного полугодия эта корреляционная связь несколько ослабла, а для лета и теплого полугодия – не изменилась. Таким образом, автокорреляция в рядах КПО лишь несколько повысила уровень их коррелированности, который был обусловлен действием внешних антропогенных источников образования озона в тропосфере. В то же время в вариациях КПО существенную роль играют и природные процессы, что проявилось в достаточно хорошей взаимокоррелированности случайных составляющих КПО различного масштаба осреднения.

Литература

1. <http://www.epa.gov/airnow>.
2. Харчилава Д.Ф., Амиранашвили А.Г. – Исследование вариаций атмосферного озона в Грузии, Результаты исследований по международным геофизическим проектам, Москва, МГК, 1988, 1-114.
3. 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).
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. ამირანაშვილი ა., ამირანაშვილი ვ., დავითულიანი, ნოდია ა., ხარჩილავა ჯ., ჩხილაძე ვ., ჭელიძე ლ. - ქ. თბილისის ატმოსფეროს ფოტოქიმიური სმოგი და მისი გააღწევა ადამიანების ჯანმრთელობაზე, ქ. თბილისის ეკოლოგიური პრობლემები, ქ. თბილისის შერის გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების რეგულირების კომიტეტი, თბილისი, 2002, 147-152.
6. ხარჩილავა ჯ., ამირანაშვილი ვ., ჩხილაძე ვ. - ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში, ოზონისა, ჰაერის ტემპერატურისა და სინოტივეს შორის ურთიერთდამოკიდებულება თბილისის მაგალითზე, გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები, ტომი 21, თბილისი, 2003, 100 – 109.
7. 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.
8. 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.
9. Kharchilava D., Amiranashvili A., Amiranashvili V., Chikhladze V., Gbedava 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.
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.

**ქ. თბილისში, 1984-2003 წლებში, ოზონის კონცენტრაციის
ვარიაციის გამოკვლევის შედეგები**

ვ. ჩიხლაძე

რეზიუმე

წარმოდგენილია ქ. თბილისში, 1984-2003 წლებში, ოზონის კონცენტრაციის ვარიაციის გამოკვლევის შედეგები. გამოკვლევები ჩატარებულია უკანასკნელ წლებში გეოფიზიკის ინსტიტუტში.

**The results of studies of variations of surface ozone concentration
in Tbilisi in 1984-2003**

V. Chikhladze

Abstract

The results of studies of variations of surface ozone concentration in Tbilisi in 1984-2003, carried out in the Institute of Geophysics of GAS recently are represented.