

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА О ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ФОТОХИМИЧЕСКОГО СМОГА И ОЗОНА

Амиранашвили А.Г., Чихладзе В.А., Блиадзе Т.Г.

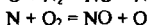
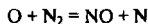
Институт геофизики им. М.З.Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М.Алексидзе, 1, 61E-mail: avto_amiranashvili@hotmail.com

Вступление

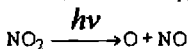
Атмосфера представляет собой сложную физико-химическую систему, которая находится во взаимодействии с поверхностью земли, океаном и биосферой. Её состав непрерывно меняется. В последние десятилетия эти изменения резко ускорились из-за деятельности человека. Промышленность, транспорт и коммунальные службы выделяют в атмосферу вредные для человека и живых организмов опасные, химически активные и токсичные вещества. Некоторые из них формируются непосредственно в воздухе из химически сравнительно нейтральных предшественников. Такие вещества, как углеводороды, окислы азота, серы и углерода могут изменить окислительные свойства атмосферы, т.е. менять свойства атмосферы, трансформировать загрязняющие примеси, перевести их в нейтральные формы и вывести их из воздушной среды. Они также способствуют созданию фотохимического озона и смога в тропосфере, которые негативно действуют на биосферу. Когда окислы азота и серы растворяются в дождевых каплях, они вызывают так называемые кислотные осадки, которые наносят серьёзный ущерб природной среде в индустриальных районах [2, 29].

Смог бывает нескольких типов: влажный смог лондонского типа – совокупность соединений тумана, дыма и отходов промышленных газов; ледяной смог аляскинского типа – смог, который возникает в условиях низких температур из пара отопительных систем и бытовых газов; радиационный туман – туман, который возникает при радиационном охлаждении ниже точки росы влажных масс приземного воздуха и поверхности земли; сухой смог Лос-Анджелесского типа – фотохимический смог, который впервые был замечен в Лос-Анджелесе (США) в период второй мировой войны. Возникновение фотохимического смога связывают с резким ростом автотранспорта. Химические реакции, которые ведут к образованию вторичных загрязнителей, наиболее активно протекают при солнечном свете, поэтому реакции подобного типа называются фотохимическими [4, 6, 7, 32].

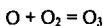
В условиях высокой температуры, которая наблюдается в автомобильных двигателях при сгорании топлива, происходит взаимодействие между входящими в состав атмосферного воздуха кислородом и азотом. Образовавшийся при диссоциации молекул кислорода атомарный кислород способен расщеплять молекулу сравнительно инертного азота, в результате чего инициируется цепная реакция:



В результате чего в выхлопных газах возникает моноксид азота, который, попадая в атмосферу, окисляется атмосферным кислородом и превращается в диоксид азота. Бурый диоксид азота фотохимически активен. Поглощая солнечный свет, он диссоциирует:



Таким образом, в воздухе возникает реакционноактивный атом, который может входить в реакцию с образованием озона:



Фотохимический смог невозможно зафиксировать инструментально. Он представляет собой явление, являющееся результатом действия многих переменных (факторов). Высокая концентрация приземного озона является самым характерным признаком фотохимического смога. Озон не образуется непосредственно при сгорании топлива, а является вторичным загрязнителем. Поэтому в последнее время во всем мире растет внимание к приземному озону, что связано со следующими основными факторами: 1. повышенный озон представляет собой токсичный загрязнитель атмосферы, вследствие чего Всемирная организация здравоохранения внесла его в список пяти основных загрязнителей, содержание которых в атмосфере должно контролироваться при определении качества воздуха; 2. озон играет решающую роль в химических и фотохимических процессах в тропосфере, поскольку определяет его окислительную способность; 3. вызывает беспокойство рост тропосферного и особенно приземного озона на фоне сокращения стратосферного озона на большей части площади континентальных районов северного полушария. Это возможно будет играть значительную роль в тех прямых и не прямых радиационных эффектах, которые определяют региональный и глобальный климат [3, 8, 9, 10, 12, 16, 17, 20, 26, 27].

Кроме этого, в фотохимическом смоге происходят реакции между оксидами азота и несгоревшими органическими соединениями; с участием озона активно протекают реакции образования, так называемых вторичных аэрозолей субмикронных размеров по схеме газ → частица (сульфаты, нитраты и т.п.). В продуктах этих реакций много канцерогенных веществ. Таким образом, фотохимический смог представляет собой многокомпонентную смесь аэрозолей и газов первичного и вторичного происхождения. Основные компоненты смога: озон, оксиды азота и серы, органические соединения перекисной природы, которые в совокупности именуются фотооксидантами.

Пространственно-временные характеристики концентрации приземного озона (КПО) и фотохимического смога

Загрязнение озоном представляет собой опасность в течение летних месяцев, так как интенсивное солнечное излучение и жаркая погода способствуют образованию вредных концентраций озона в воздухе, которым мы дышим. Во многих городах и пригородных районах ряда экономически развитых стран наблюдаются высокие уровни КПО. Однако, во многих сельских районах также испытывают воздействие высоких концентраций озона, так как ветры переносят загрязнения на сотни километров от их источников [5].

Проведённые в конце XIX века измерения показали, что величина КПО в среднем за год колебалась в пределах 11-22 мкг/м³ [18]. Приземный озон меняется в пространстве и во времени. Так например, градиент КПО в Европе меняется в направлении от северо-запада к юго-востоку [21]. В США наблюдается аналогичный градиент КПО [14, 15]. Согласно [25] фоновые значения КПО на континенте (Центральная Европа) составляют 40-60 мкг/м³, а на Западном побережье – 79 мкг/м³, в незагрязненном воздухе в Макхееде (северо-запад Ирландии) [25] и в Альпах (Ароза, 1840 м н.у.м) [19] наблюдались значения 75 мкг/м³. Фоновое значение концентрации приземного озона в нижней тропосфере над континентальной Европой (гора Юнгфраг, 3580 м н.у.м.) достигало 86 мкг/м³ [22]. В Средиземноморском регионе фоновые значения достигают 130 мкг/м³, а в особо загрязнённых районах они часто превышают это значение. Меняются не только концентрация озона, но и его сезонные циклы [23].

Наблюдения за КПО указывают на то, что в XX столетии в Европе имеет место рост на два порядка [19]. Количество записей озона в XIX столетии очень незначительно, поэтому документы о положительном его тренде в нижней тропосфере опираются на исторические данные и количественные записи Парижской обсерватории.

В бывшем Советском Союзе первые представительные наблюдения за приземным озоном в начале 1970-х годов провёл А.С. Бритаев в Долгопрудном (ЦАО), а затем продолжил совместно с Г.П. Фарапоновой в Московской центральной гидрометеостанции. Были оценены суточные и сезонные вариации приземного озона в Москве. Во второй половине 1970 годов начались наблюдения с подвижных платформ (суда и самолёты). Однако первые регулярные наблюдения, которые продолжают и в настоящее время, начались в Грузии (Тбилиси) и в Литве, на побережье Балтийского моря, в начале 1980 годов [35, 43]. В 1989 году начались регулярные измерения приземного озона на высокогорной станции Института физики атмосферы РАН близ г. Кисловодска, затем, в начале 1990 гг. в Долгопрудном (ЦАО), Томске (ИОА СО РАН), на станциях сети фонового мониторинга (ИГКЭ). С 1999 года регулярные работы начаты на Кольском полуострове, на базе ПГИ

КНЦ РАН вблизи посёлка Ловозеро и недавно - наблюдения в районе озера Байкал. С 1995 года практически ежегодно происходят железнодорожные экспедиции «Тройка» вагона, оборудованного широким набором аппаратуры для измерения большого числа малых газовых составляющих (включая озон) и различных метеопараметров, (в т.ч. уникальных) на маршрутах Москва - Хабаровск и Мурманск - Кисловодск. Результаты исследований свидетельствуют о важности, прежде всего, влияния на приземный озон метеорологических факторов и загрязнений воздуха. В числе наиболее актуальных задач на будущее названы существенное расширение сети мониторинга и его метеорологическое обеспечение на уровне, принятом в странах Европы [24, 30, 31, 37, 39, 42].

Наблюдённый в Кисловодске сезонный ход КПО с широким летним максимумом имеет характерный для континентальных станций вид и, в основном, имеет фотохимическое происхождение. Амплитуда сезонного хода приземного озона в Кисловодске составляет 54 мкг/м^3 . Максимальное летнее значение наблюдается в июне-июле и составляет примерно 88 мкг/м^3 , а минимальное зимнее - в ноябре-декабре и составляет в среднем 34 мкг/м^3 [24, 30, 42].

Аналогичный сезонный ход наблюдается также на севере Соединённых Штатов [16]. Зафиксированный, согласно данным наблюдений за сезонными вариациями озона, тренд в течение последних десятилетий соответствует сокращению эмиссии NO_x .

Измерения в Касабланке (26° С.ш. , 50 м н.у.м.) показали, что в отличие от Мауна Лоа (19° С.ш.), где максимум (70 мкг/м^3) приходится на апрель - июнь, а минимум (30 мкг/м^3) на ноябрь - январь, в Касабланке максимум бывает в январе - марте (160 мкг/м^3), а минимум в мае ($17\text{-}27 \text{ мкг/м}^3$). Надо отметить, что на Кубе имеет место запаздывание максимума как по отношению к более высоким широтам, так и к тропическим и субтропическим зонам. Максимальное значение обычно связано с «сухим периодом», когда на остров начинает поступать холодный воздух из умеренных широт, вызывая понижение температуры на $3\text{-}6^\circ \text{ С}$ и повышая КПО до значений

270 мкг/м^3 в тыловой части холодного фронта. Надо отметить, что наличие загрязнённой атмосферы соседней Гаваны, при штиле или южном ветре, может вызвать повышение КПО из-за фотохимических процессов до $60\text{-}150 \text{ мкг/м}^3$. Часты случаи, когда КПО равно нулю - проявляется влияние экваториальной зоны низкого давления, особенно летом, в форме вторжения масс влажного тропического воздуха [28].

В 1983 - 1987 годах проводились измерения КПО озонотрами «Dasibi» в Ленинграде, Алма-Ате, Петродворце, Рыльске. Наиболее сильные суточные вариации КПО - в летний период в Алма-Ате и Ленинграде. В Алма-Ате утром озон почти полностью уничтожен, а днём примерно в 14 часов - аномально высокие концентрации - до 323 мкг/м^3 . Для Ленинграда характерны сильные перепады, обусловленные перемещением воздушных масс разной степени загрязнённости. В чистых, непромышленных Петродворце и Рыльске КПО сходна с сельскими районами [38].

В период 1978 - 1985 гг. в Воейково проводились измерения озона электрохимическим озонотром ЕСС-005 (США). Итоги - средняя КПО за весь период - $32,6 \text{ мкг/м}^3$, абсолютный минимум - 2 мкг/м^3 , абсолютный максимум - 124 мкг/м^3 . В период апрель-август - высокие значения КПО, причём максимальное значение в период 15-18 часов, с отставанием на несколько часов от максимума солнечной радиации. Максимальные суточные изменения - в весенне-летний период, в осенне-зимний очень незначительны или полностью отсутствуют [34].

Проведённые в Ленинграде и Карадаге (Крым) измерения КПО малонерационным озонотром Dasibi (модель 1003 АН), в частности, показали, что минимум содержания озона всегда соответствует минимуму содержания грубодисперсной фракции аэрозоля (с диаметром $> 2 \text{ мкм}$); максимум озона сопровождается минимальной концентрацией мелкодисперсных (с диаметром $< 0,5 \text{ мкм}$) аэрозолей [33].

Измерения, проведённые в Болгарии электрохимическим озонотром в экологически чистом районе на высоте 1750 метров дали следующие результаты: среднесуточная концентрация - 60 мкг/м^3 , т.е. выше, чем на равнине, что обусловлено естественным вертикальным распределением в атмосфере. В течение суток наблюдалась небольшая амплитуда изменения концентрации озона и высокие его уровни в ночное время [36].

Сотрудники ИПП изучали фотохимический тип загрязнения атмосферы в городах, который служит дополнительным источником озона в приземной атмосфере как самих городов, так и «чистых» районов в результате переноса загрязнённых воздушных масс. Измерения проводились в Ереване (1976-1980), Алма-Ате (1979, осень), Баку (1980, октябрь) и в Тбилиси (1977 и 1981 гг. двухмесячные серии). Измерения в Тбилиси летом 1977 года, проведённые авторами работы [41] показали, что содержание озона не превышало концентрации 160 мкг/м^3 . В другой работе некоторыми из этих авторов [40], по данным того же 1977 года было показано, что в Ереване и

Тбилиси дневные максимумы озона связаны с утренними концентрациями суммы окислов азота ($R = 0,49, \alpha < 0,01$) и особенно окиси азота ($R = 0,55, \alpha < 0,001$), а также с утренними концентрациями суммы реакционноспособных углеводородов ($R = 0,52, \alpha < 0,01$).

В целом, тропосферный озон увеличился и продолжает увеличиваться в определённых регионах вследствие эмиссии антропогенных предвестников озона. Тропосферный озон увеличивает поглощение излучения Земли, а также солнечной радиации, т.к. с ростом интенсивности радиации растёт и концентрация озона. Трудно количественно оценить изменения интенсивности радиации и климатические эффекты из-за наличия резко меняющихся во времени продолжительности жизни и концентрации озона. Данные о тренде КПО в Грузии (Тбилиси) в 1984 – 2003 гг. в классическом смысле его понимания впервые были представлены в работе [44]. Ниже на рис. 1 представлены обновленные данные об указанном тренде для 1984 – 2006 гг.



Рис 1.

Тренд концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984 - 2006 гг. на 15 час.

Уравнение регрессии кривой тренда имеет вид:

$$\text{КПО} = -0,010621 \cdot x^3 + 0,1794 \cdot x^2 + 1,2513 \cdot x + 23,063, \quad (x = 1 \dots 23, \text{годы})$$

Большинство современных моделей изменения тропосферного озона, начиная с 1970 года, в основе своей содержит эмиссию авиации [8, 9, 10]. Ожидаемый эффект от воздействия авиации на озон незначителен, рост на несколько ppbv озона (~5%) в верхней тропосфере требует примерно 0,5 Тг азота в год от авиации. Если рост на 5% обеспечивает 0,5 Тг азота, то с 1976-го по 1992 годы рост эмиссии авиации в верхней тропосфере составил примерно 2% в десятилетие. Это незначительная величина по сравнению с трендом, наблюдаемым над Европой, который в течение 1970 – 1996 годов составил 5-25% в десятилетие, а это не соответствует наблюдаемому росту над Японией и восточной частью Северной Америки и соответствует природным вариациям озона.

Наблюдаемая приземная эмиссия NO_x -ов относительно мала с 1980-ых годов, также относительно мал и предполагаемый эффект эмиссии авиации, что не является сюрпризом для некоторых районов в Северном полушарии, где с 1980-го года не фиксируется большой тренд озона. Некоторые свойства тренда трудно объяснить, в частности, величина увеличения озона в Европе после конца 1960-ых годов, уменьшение над Канадой и малое увеличение над Японией. С 1970-го до середины 1980-ых годов в Европе озон увеличился примерно на 30%. Рост озона больше, чем рост эмиссии NO_x -ов [13]. Трёхмерного моделирования не проводили, но модели, изучающие пограничный слой над Северной Америкой предполагают, что обратная связь озона связана примерно с одной третью эмиссии NO_x -ов [11]. Наблюдаемые над Европой изменения не фиксируются над США, в то время, как отмечается рост над Японией, хотя данные редкие.

Что касается Грузии, в Тбилиси в период с 1980 по 1997 гг. наблюдался существенный рост концентрации приземного озона при одновременном уменьшении весовой концентрации аэрозолей [1, 44, 45].

Фотохимический смог проявляется регионально и локально. Он возникает в зависимости от того, каковы рельеф, характер и количество антропогенных загрязнений атмосферы, обмен воздушных масс и приток лучистой энергии, который необходим для протекания химических реакций, а также другие региональные и локальные особенности. В условиях города он проявляется весьма мозаично, и часто даже на одной улице мегаполиса не бывает однородной картины. Ввиду того, что фотохимический смог представляет собой региональное и локальное явление, его появление связано не только с местом, но и со временем. Фотохимический смог уменьшает видимость, усиливает коррозию материалов и сооружений, губительно действует на растения, отрицательно действует на здоровье людей, может вызывать повреждение дыхательных путей, рвоту, повреждение слизистых оболочек и общую слабость. Часто в смоге могут присутствовать такие соединения азота, которые способствуют увеличению вероятности возникновения злокачественных новообразований. Интенсивный и продолжительный фотохимический смог может стать причиной увеличения заболеваний и смертности, так как проявляет сильные окислительные свойства, тем более, что сам озон отрицательно действует на здоровье человека и разрушительно действует на многие материалы. Также очень важно изучать вариации приземного озона нефотохимического происхождения и причины возникновения этих вариаций.

Позтому актуальной проблемой является изучение условий возникновения фотохимического смога и приземного озона в больших городах, определение особенностей их пространственно-временных характеристик, оценка воздействия на население и разработка мероприятий по защите от их негативного влияния. С учётом того, что в будущем промышленность и транспорт будут развиваться значительно интенсивнее, указанные выше проблемы будут углубляться.

Работа выполнена при поддержке гранта GNSF/ST08/S-437.

Литература

1. 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. 2005. Vol. 59. 128 p.
2. Dimitriadis B. The role of natural organics in photochemical air pollution. J. Air Poll. Contr. Assoc. 1981. Vol. 31. PP. 229 – 236.
3. EPA (U.S. Environmental Protection Agency), National Air Pollutant Emissions Trends, 1900-1995. EPA-454/R-96-007. U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, N.C.. 1996.
4. <http://bezhlebicyн.temator.ru/>
5. <http://www.epa.gov/airnow>
6. <http://www.inopressa.ru/print/yomiuri/2004/08/23/12:56:35/smog>
7. <http://www.refcity.ru/content/36567.html>
8. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change - Aviation and the Global Atmosphere. Special Report of IPCC Working Groups I and III. J.E. Penner, D.H. Lister, D.J. Griggs, D.J. Dokken, M. McFarland (Eds.). Cambridge University Press. Cambridge. UK. 1999. PP.1- 373.
9. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, Special Report on emission scenarios (SRES). N. Nakicenovic et. al. (Eds.). Cambridge University Press. Cambridge. UK. 2000. PP. 1 - 599.
10. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2001. The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report. Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J., Noguer M., van der Linden P.J., Dai X., Maskell K., Johnson C.A. (Eds.), Cambridge University Press. Cambridge. United Kingdom and New York. NY. USA. 2001. PP.1- 881.
11. Jacob D.J., Logan J.A., Gardner G.M., Spivakovsky C.M., Wofsy S.C. Factors regulating ozone over the United States and its export to the global atmosphere. J. Geophys. Res. 1993. 98. 1993.PP. 14817 – 14826
12. Lefohn, A.S. Oltmans S.J., Dann T., Singh H.B. Present-day variability of Background ozone in the lower troposphere. J. Geophys. Res. 2001. 106 (D9). PP. 9945 – 9958.
13. Logan J.A. Trends in the vertical distribution of ozone: An analysis of ozone sonde data. J. Geophys. Res. 1994. 99. PP. 25553 – 25585.

14. Logan J.A., Megretskaja I.A., Miller A.J., Tiao G.C., Choi D., Zhang L., Stolarski R.S., Labow G.J., Hollandsworth S.M., Bodeker G.E., Claude H., De Muer D., Kerr J.B., Tarasick D.W., Oltmans S.J., Johnson B., Schmidlin F., Viatte P., Uchino Trends in the vertical distribution of ozone: A comparison of two analyses of ozone sonde data. *J. Geophys. Res.* 1999. 104. PP. 26373 – 26399.
15. McKeen S.A., Hsie E.-Y., Liu S.C. A study of the dependence of rural ozone on ozone precursors in the eastern United States. *J. Geophys. Res.* 1991. 96. PP.15377–15394.
16. NARSTO (North American Research Strategy for Tropospheric Ozone) Synthesis Team. 2000. An Assessment of Tropospheric Ozone Pollution: A North American Perspective (www.cgenv.com/Narsto).
17. Oltmans S.J., Lefohn A.S., Scheel H.E., Harris J.M., Levy H., Galbally I.E., Brunke E.G., Mlytr C.P., Lathrop J.A., Johnson B.J., Shadwick D.S., Cuevas E., Schmidlin F.J., Tarasick D.W., Claude H., Kerr J.B., Uchino O., Mohnen V. Trends of ozone in the troposphere. *Geophys. Res. Lett.* 1998. 125. PP. 139 – 142.
18. Pavelin E.G., Johnson C.E., Rughooputh S., Toumi - Evaluation of pre-industrial surface ozone measurements made using Schonbein's method. *Atmos. Environ.* 1999. 33. PP. 919 – 929.
19. Pochanart P., Akimoto H., Maksyutov S., Staehelin J. Surface ozone at the Swiss Alpine site Arosa: the hemispheric background and the influence of large-scale anthropogenic emissions. *Atmos. Environ.* 2001. 35. PP. 5553 – 5566.
20. Roemer M. An evaluation of long-term trends in ozone, oxidant and precursors in relation to emission changes. TOR-2 Annual Report 2000 (A. Lindskog, M. Beekmann, P. Builtjes, P.S. Monks, M. Roemer, E. Schuepbach, S.Solberg, eds.). Int. Scientific Secretariat (ISS), GSF – National Research Center for Environment and Health. Munich. Germany, 5 – 6, 2001.
21. Scheel H.E., Areskoung H., Geiss H., Gomiscek B., Granby K., Haszpra L., Klasinc L., Kley D., Laurila T., Lindskog A., Roemer M., Schmitt R., Simmonds P., Solberg S. On the spatial distribution and seasonal variation of lower troposphere ozone over Europe. *J.Atmos. Chem.* 1997. 28. PP. 11 – 28.
22. Schuepbach E., Friedli T.K., Zanis P., Monks P.S., Penkett S.A. State space analysis of changing seasonal ozone cycles (1988-97) at Jungfraujoch (3580 m) in Switzerland. *J. Geophys. Res.* 106, 2001. PP. 20413 – 20427.
23. Schuepbach E., et.al. State space analysis of changing seasonal ozone cycles in Europe (in prep.). 2003.
24. Senik I.A., Elansky, N.F. Surface Ozone Concentration Measurements at the Kislovodsk High-Altitude Scientific Station: Temporal Variations and Trend. *ФАО.* 2001. Vol. 37. Suppl. 1. PP. S110-S119.
25. Simmonds P.G., Seuring S., Nickless G., Derwent R.G. Segregation and interpretation of ozone and carbon monoxide measurements by air-mass origin at the TOR station Mace Head. Ireland from 1987 to 1995. *J. Atmos. Chem.* 1997. 28B. PP. 45-59.
26. Stordal F., Bekki S., Hauglustaine L., Millan M., Sausen R., Schuepbach E., Stevenson D., van Dorland R., Volz-Thomas A. Climate impact of Tropospheric ozone changes. European Commission EUR 20623 , Ozone-climate interactions . Air Pollution Research Report No 81. Luxemburg . 2003 PP.1-143.
27. WMO (World Meteorological Organization) . Scientific Assessment of ozone depletion: 1998. Global Ozone Research and Monitoring Project. Report No. 44. Geneva. Switzerland. 1999. PP. 1- 732 .
28. Альмогеа Х.Р., Кабрера К.Л. Некоторые данные о приземном озоне на Кубе, Рабочее совещание по исследованию атмосферного озона. Тбилиси, 23 – 27 ноября 1981. Тбилиси, Мешинереба. 1982.
29. Андруз Дж. и др. Введение в химию окружающей среды, ил. Реакции в фотохимическом слое. Москва, Мир. 1999. С.53-57.
30. Арабов А.Я., Белоголазов М.И., Еланский Н.Ф., Карпечко А.Ю., Кортунова З.В., Кузнецов Г.И., Поволотская Н.П., Сенник И.А., Тарасова О.А. Особенности вариаций концентрации приземного озона над европейской частью России. «Физические проблемы экологии (экологическая физика)». Москва, МАКС Пресс. 2002. № 9, С. 56-69.
31. Белан Б.Д., Складнева Т.К. Суточный ход концентрации приземного озона в районе г. Томск. *Метеорология и гидрология.* 2001. № 5. С. 50 – 60.
32. Болбас М. М. Основы промышленной экологии. Москва, Высшая школа. 1993.
33. Борисов В.В., Ивалев Л.С., Сирота В.Г. Временные вариации концентрации озона в приземном слое атмосферы. *Атмосферный озон. Труды VI Всесоюзного симпозиума. Ленинград, 15 – 17 мая 1985 .* 1987. С. 143– 146.
34. Васильченко Л.А., Говорушкин Л.А., Гушин Г.П., Елисеев А.А. Основные результаты регулярных многолетних измерений приземного озона в Воейково. *Атмосферный озон. Труды VI Всесоюзного симпозиума. Ленинград, 15 – 17 мая 1985 .* 1987. С. 139– 143.

35. Гиргждене Р.В., Шопаускас К.К., Гиргждене А.И. О ночных максимумах озона в приземном слое атмосферы // Рабочее совещание по исследованию атмосферного озона Тбилиси. 23 – 27 ноября 1981 г. Тбилиси, Мецниереба. 1982.
36. Гиргждене Р. Результаты измерения приземного озона в Болгарии. Всесоюзная конференция по атмосферному озону. 2 – 6 октября 1988, Суздаль. Долгопрудный. 1988. 107
37. Еланский Н.Ф., Великов И.Б., Скороход А.И., Шумский Р.А. Аномальные метеусловия летом 2002 года и их влияние на режим газовых примесей в приземном слое атмосферы в Москве. Сб. докл. 3-ей Межд. конф “Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов”. Кисловодск, 21-24 апреля 2003. С. 25-26.
38. Ивлев Л.С., Сирота В.Г. Суточные вариации концентрации озона в приземном слое атмосферы. Всесоюзная конференция по атмосферному озону. 2 – 6 октября 1988.. Суздаль. Долгопрудный. 1988. 32
39. Панкратова Н.В., Арабов А.Я., Белнков 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. С.32-33.
40. Попов В.А., Черных Л.Н., Печеникова Е.В. Изучение озона в атмосфере городов как показателя фотохимических процессов. Труды Всесоюзного совещания по озону. Москва, Гидрометеиздат 1980. С.147 – 152.
41. Попов В.А., Черных Л.Н., Д.А.Северов Изучение закономерностей образования фотохимического озона в атмосфере городов методом множественной корреляции. Рабочее совещание по исследованию атмосферного озона. Тбилиси, 23 – 27 ноября 1981 г. Тбилиси, Мецниереба. 1982.
42. Сеник И. А. Озои в атмосфере над горными районами Северного Кавказа. Автореферат диссертации на соиск. уч. степ. канд. физ.-мат. наук Москва. ИФА РАН. 2004. С. 1-34.
43. Харчилава Д.Ф., Амранашвили А.Г. Исследование вариаций атмосферного озона в Грузии. Результаты исследований по международным геофизическим проектам. Москва, МГК. 1988. С. 1-114.
44. Чихладзе В.А. Изменчивость среднегодовых, полугодовых, сезонных и месячных значений концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984 – 2003 гг Труды Ин-та геофизики им. М. Нодиа. 2008. Т. 60. С. 306-313.
45. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Kharchilava J.F, Buachidze N.S., Imskirveli 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. PP.678-681.

ფოტოქიმიური სმოგის და ოზონის სიმრცულ - დროითი ბანაწილების შესახებ საკითხის თანამედროვე მდგომარეობა

ამირანაშვილი ა., ჩიხლაძე ვ., ბლიაძე თ.

რეზიუმე

წარმოდგენილია მიწისპირა ოზონის და ფოტოქიმიური სმოგის სივრცულ-დროითი ბანაწილების შესახებ საკითხის თანამედროვე მდგომარეობის მიმოხილვა. ნაწვევება მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის ტრენდი ქ. თბილისში.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА О ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОМ
РАСПРЕДЕЛЕНИИ ФОТОХИМИЧЕСКОГО СМОГА И ОЗОНА**

Амиранашвили А.Г., Чихладзе В.А., Блиадзе Т.Г.

Реферат

Представлен обзор современного состояния вопроса о пространственно-временном распределении приземного озона и фотохимического смога. Показан тренд концентрации приземного озона в г. Тбилиси

**CONTEMPORARY STATE OF A QUESTION ABOUT THE SPATIAL-TEMPORARY
DISTRIBUTION OF PHOTOCHEMICAL SMOG AND OZONE**

Amiranashvili A., Chikhladze V., Blidze T.

Abstract

The review of the contemporary state of a question about the spatial-temporary distribution of surface ozone concentration and photochemical smog is represented. The trend of the surface ozone concentration in Tbilisi is shown.