

ОБ ИССЛЕДОВАНИЯХ АТМОСФЕРНОГО ОЗОНА В ИНСТИТУТЕ ГЕОФИЗИКИ им. М. НОДИА

³Апхаидзе А.А., ²Балавадзе А.Ш., ¹Никифоров Г.В.,
¹Харчилава Дж.Ф., ¹Чхаидзе Г.П.

¹*Институт геофизики им. Михаила Нодиа Тбилисского государственного университета им.
И. Джавахишвили, 0160, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1, nikiforov_48@bk.ru*

²*Министерство образования и науки Грузии*

³*Тбилисский авиационный университет*

Озон в атмосфере является весьма важной ее малой газовой составляющей, во многом определяющей климат Земли, а также эволюцию биосферы. С начала семидесятых годов прошлого столетия в Институте геофизики АН Грузии начаты исследования связи содержания озона в атмосфере с другими атмосферными процессами. Эти исследования проводились в сотрудничестве с Московским государственным университетом им. М. И. Ломоносова (А. Х. Хргиан) и Центральной аэрологической обсерваторией (А.С. Бритаев). Несколько позднее к этим исследованиям активно подключился А.И. Карцивадзе [1-3].

Исследования, проведенные на первом этапе работ, позволили показать, что с прохождением холодных фронтов общее содержание озона (ОСО) в атмосфере возрастает, а при прохождении теплых фронтальных разделов отмечается обратная картина. Изучение влияния барических полей на ОСО в атмосфере позволило выявить, что с высотными циклонами и ложбинами связано его повышение, а при антициклонных условиях высотных барических гребнях отмечается уменьшение ОСО. Установлено, что слева от оси струйного течения ОСО в атмосфере повышается, а справа – убывает. Наиболее резко это наблюдается, если струя направлена вдоль параллели. В случае меридиального расположения оси указанных струй эффект выражен слабее. Найдено, что нисходящим движениям, охватывающим нижнюю часть стратосферы и верхнюю часть тропосферы, соответствует повышение ОСО, а восходящим – его понижение. Во внутримассовых условиях, в период, предшествующий развитию грозных явлений, отмечается усиление ОСО [1,2,4].

На втором этапе работ озонметрические исследования в Институте геофизики были направлены на изучение связи содержания озона в атмосфере с грозово-градовыми явлениями. Эти исследования показали, что за 1-6 часов до начала грозово-градовых процессов отмечается повышение ОСО, что может служить прогностическим признаком этих явлений. В дни с массовыми градовыми явлениями концентрация озона в атмосфере оказывается значительно ниже, чем в дни с интенсивными грозами, но без града, и в дни с хорошей погодой [2].

Сопоставление данных радиолокационных измерений с данными озонметрических измерений показало, что изменение концентрации приземного озона (КПО) вблизи от конвективных облаков происходило синфазно с изменением высоты радиоэха от них [2,5-13].

На стадии развития конвективных облаков в приземном слое атмосферы, вблизи от их основания, отмечается резкое убывание концентрации озона, а на стадии выпадения конвективных осадков и их диссипации, концентрация озона в приземном слое воздуха резко возрастает. Указанные эффекты объясняются связью концентрации приземного озона с вертикальными движениями в атмосфере. Установлена связь концентрации приземного озона с температурной стратификацией атмосферы, в частности с наличием или отсутствием температурных инверсий [2,4,11].

Лабораторные опыты, проведенные в термобарокамере Института геофизики АН Грузии, показали, что в озонированной среде аэрозоли неактивных веществ приобретают существенную льдообразующую активность [2,15].

Сопоставление результатов лабораторного эксперимента с данными полевых наблюдений, указывающих на низкое содержание озона в градовых условиях и высокого его содержания при интенсивных грозах, не сопровождающихся градом, позволило выдвинуть гипотезу, согласно которой отсутствие града при интенсивных грозах должно быть вызвано интенсивным самозасевом градоопасных облаков естественными льдообразующими аэрозолями, активированными атмосферным озоном, обильно возникающим в облаках при грозовых разрядах [2,6,16,17].

С помощью самолета-лаборатории проведено исследование распределения озона в развивающихся конвективных и слоистых облаках, а также в свободной атмосфере. Это исследование позволило установить, что в развивающихся облаках содержание озона значительно больше, чем в свободной атмосфере, а в слоистых облаках всегда ниже, чем в свободной атмосфере [2,18].

Были подробно изучены долговременные вариации общего содержания озона (ОСО) в Грузии, построены карты распределения ОСО над ее территорией и прилегающими регионами (Одесса, Самара, Ашхабад, Алма-Ата), отмечено наличие отрицательных трендов ОСО как для среднесезонных, так и среднегодовых значений [17,19,20].

Отмечалась важность мониторинга ОСО озона в Грузии как важной составляющей мировой сети озонметрических измерений [21,22]. Начато изучение вариаций общего содержания озона в аспекте солнечно-земных связей [23].

На основании данных оптических и электрохимических озонзондирований атмосферы были получены профили вертикального распределения озона над различными районами Грузии. В частности было установлено, что грозовые процессы, струйные течения и вторжение воздушных масс создают слоистую структуру вертикального профиля озона. Важным фактором переноса озона из одного слоя атмосферы в другой является турбулентность [2,24-26].

Значительная часть исследований была посвящена изучению особенностей вариаций концентрации приземного озона (КПО) в зависимости от места измерения и метеорологических параметров. На примере Тбилиси и Руиспири было подробно изучено влияние метеорологических факторов (температура и влажность воздуха, скорость ветра и др.) на содержание КПО в городской и сельской местности, проведен подробный статистический анализ данных о КПО для этих пунктов измерения. Исследована статистическая структура изменчивости средних годовых, полугодовых и месячных значений концентрации приземного озона (КПО) в Тбилиси в 1984-2012 гг. Выделены тренды (полиномы четвертой степени) и случайные составляющие временных рядов среднегодовых и полугодовых значений КПО. Проведен анализ ежегодных скоростей изменения средних годовых и полугодовых значений КПО в указанный период времени. Изучены особенности изменчивости среднемесячных значений КПО по семилетним периодам времени [2, 27-42].

Измерения КПО в местности с геологическими разломами показали повышенное содержание озона над разломами. Это, видимо, указывает на наличие литосферного озона, поступающего в атмосферу через геологические разломы из недр Земли [2].

Ряд работ был посвящен исследованиям связей КПО с атмосферными аэрозолями, условиям образования фотохимического смога в Тбилиси, роли озона как индикатора загрязнения воздуха [2, 43-45].

Ранние комплексные исследования влияния загрязнений атмосферы и концентрации приземного озона на рост различных заболеваний и смертности, в том числе по поводу сердечно-сосудистых заболеваний [2,46-48], явились основой для крупномасштабных исследований процессов образования фотохимического смога и озона в Тбилиси и их влияния на здоровье людей, которые были проведены в рамках проекта GNSF/ST/5-437 [45,49].

Изучено влияние содержания приземного озона на смертность. Показано, что в условиях города Тбилиси концентрация приземного озона 50 мкг/м^3 и выше очень негативно влияет на здоровье людей и приводит к росту смертности [45,50].

Представлен общий статистический анализ значений всех измеренных параметров вне зависимости от условий погоды. В частности, в 2009-2011 гг. концентрация приземного озона менялась от 0 до 166 мкг/м^3 , суммарная концентрация легких ионов – от 215 до 3397 см^{-3} , содержание радона в воздухе – от 0.4 до 19.6 Бк/м^3 , концентрация субмикронных аэрозолей – от 110 до 95480 см^{-3} .

Изучена изменчивость за последние 30 лет концентрации приземного озона, солнечной радиации, дальности видимости и аэрозольной оптической толщи атмосферы. Так, например, изменчивость концентрации приземного озона в 1984-2011 гг. происходила в соответствии с полиномом четвертой степени. В общем, с 1984 по 1997-1998 гг. происходил рост концентрации озона, затем – до 2006-2007 гг., уменьшение и в 2008-2011 гг. – вновь рост. Интенсивность прямой и суммарной солнечной радиации в 2010-2011 гг. практически не отличается от тех же данных для 1980-1992 гг.

Получена физико-статистическая модель связей процессов образования фотохимического смога и озона с различными параметрами атмосферы, на основании которой установлены условия образования смогового озона в различные сезоны года.

Представлены карты пространственного распределения озона, аэрозолей, легких ионов, радона и гамма-излучения почвы. Показано, что по данным стационарного пункта измерений можно оценить уровень загрязненности воздуха города Тбилиси в целом. Разработана ультракраткосрочная (2-5 часов) и краткосрочная (12 часов) статистические модели прогнозирования смогового озона, оправдываемость которых составляет 64-78 %.

Выявлены эффекты воздействия концентрации приземного озона, а также других определяющих и сопутствующих фотохимический смог параметров атмосферы на здоровье людей. В частности установлено, что в условиях г. Тбилиси в последние годы максимальная дневная концентрация озона 50 мкг/м^3 и выше крайне неблагоприятно влияет на здоровье людей. Эта концентрация значительно ниже (в 3-5 раз) принятых в Европе и США предельно допустимых концентраций озона.

По данным 1984-2010 гг. выявилось, что повышенные концентрации приземного озона (а также сопутствующих ему вредных для здоровья людей компонентов смога) в среднем увеличивают среднегодовую смертность населения г. Тбилиси на 1680 человек. Это составляет 14.1 % от среднегодовой смертности населения города, что в 3 раза выше, чем для тех же параметров в развитых странах. Установлено, что в последние годы по сравнению с восьмидесятыми годами прошлого столетия, население г. Тбилиси стало более чувствительным к загрязнению воздуха (негативные эффекты для здоровья людей и случаи летального исхода происходят при более низких концентрациях приземного озона) [45,50].

Как известно, озон в определенных дозах проявляет бактерицидное действие и таким образом является полезной примесью в воздухе, однако выше определенной критической концентраций он опасен как для людей, так и для окружающей среды. Особенно чувствительны к озону люди, страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями. В современных загрязненных урбанизированных районах больших городов часто наблюдаются закритические концентрации озона. В Институте геофизики была проведена серия экспериментов с целью найти способ воздействия на озон высоких концентраций. Для воздействия использовались воды разной минерализаций и паро-водяная смесь. На основании проведенных предложена предварительная методика воздействия на высокие концентрации озона с целью ее уменьшения, которую необходимо испытать в естественных условиях [45,51].

В последние годы рассмотрена методология определения распределения содержания озона в нижней тропосфере над территорией Грузии по данным спутниковых и наземных измерений в Тбилиси. Приведены схематические картины 2D и 3D распределений содержания озона в 2.5-километровом слое атмосферы, над территорией Грузии и сопредельных стран [52-54].

Литература

1. Институт геофизики – 50 (под редакцией Б.К.Балавадзе). Тбилиси, “Мецниереба”, 1983, с. 94-116.
2. Харчилава Д.Ф., Амиранашвили А.Г. Исследование вариаций атмосферного озона в Грузии. Результаты исследований по международным геофизическим проектам, Москва, МГК, 1988, 114 с.
3. Kartsivadze A., Kharchilava D., Gzirishvili T., Britaev A., Mukhraneli I. On the Connection Between the Ozone Content in the Atmosphere and Thunderstorm-Hail Phenomena. Joint Simp. On Atmospheric ozon (IAOC/CACCP), Dresden, GDR, 1972.
4. Харчилава Д.Ф., Карцивадзе А.И., Гзиришвили Т.Г., Амиранашвили А.Г., Мухранели И.А., Нодия А.Г., Балавадзе А.Ш., Мургулия Н.К., Бритаев А.С., Плессинг П., Герсдорф М. Результаты исследования атмосферного озона в Грузии. Матер. Докл. Рабочего Совещания по исследованию атмосферного озона, Тбилиси, “Мецниереба” 1982, с. 6-32.
5. Карцивадзе А.И., Бритаев А.С., Харчилава Д.Ф. О связи между концентрацией приземного озона и высотой радиоэха от конвективных облаков. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР т. XL, Тбилиси, “Мецниереба”, 1977.
6. Kartsivadze A.I., Kharchilava D. Th., Britaev A.S., Gzirishvili T.G., Nodia A.G., Amiranashvili A.G. On the connection of ozone content with the life cycle of thunderstorms. IAGA/IAMAP, Journ. Atm. Res., Seattle, Aug. 22 – Sept. 6, 1977, MA248.
7. Харчилава Дж.Ф., Карцивадзе А.И., Гзиришвили Т.Г. О некоторой связи между содержанием озона в атмосфере и грозо-градовыми явлениями в условиях Восточной Грузии. Труды Всесоюзного совещания по озону, 1980, с. 230 – 234.
8. Карцивадзе А.И., Харчилава Дж.Ф. Об изменчивости содержания озона при грозовой ситуации. Труды Всесоюзного совещания по озону, 1980, с. 234 – 239
9. Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г., Трофименко Л.Т., Харчилава Д.Ф. Исследование взаимосвязей между грозовыми процессами и содержанием озона в условиях Восточной Грузии. Атмосферный озон. Тр. Всесоюзн. конф. по атмосферному озону, Суздаль, октябрь 1988, М., М.О. Гидрометеоиздата, 1990, с. 215-218.
10. Kharchilava J. Surface Ozone Concentration Variation Under Thunder clouds. Journ. of Geophysics and the Georgian Geophysical Society, Iss. V., Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, vol. 14B, ISSN 1512-1127, Tbilisi, 2010, p. 154-157.
11. Харчилава Дж.Ф., Кекенадзе Е. Исследование изменений концентрации приземного озона в перифериях грозового облака. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, т. 62, Тбилиси, 2010, с.174-176.
12. Харчилава Д.Ф., Чихладзе В.А., Картвелишвили Л.Г. Аэросиноптическое состояние и изменчивость концентрации приземного озона в Кахетии при грозо - градовых процессах. Тр. Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии, ISSN 1512 – 0902, т.119, Тбилиси, 2013, с. 125-129.
13. Харчилава Дж.Ф., Чихладзе В.А. Изменение концентрации приземного озона в селе Руиспири в грозовые и градовые дни. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, т. 64, Тбилиси, 2013, с. 196-201.
14. Харчилава Д.Ф., Чихладзе В.А. Влияние озона на температуру и влажность воздуха в приземном слое атмосферы, Материалы научной конференции , посвященной 90-летию со дня рождения Ф.Ф. Давитая, Тбилиси, 17-19 сентября, 2001, с. 64-65.
15. Гзиришвили Т.Г., Карцивадзе А.И., Окуджава А.М. Гетерогенная нуклеация льда. Тбилиси, “Мецниереба” 1984, 140 с.
16. Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г. Аэрозоли и ледяные кристаллы в атмосфере, Тбилиси, «Мецниереба», Тб., 1991, 113 с.
17. 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, vol. LIX, 2005, 128 p.

18. Карцивадзе А.И., Харчилава Д.Ф., Апхаидзе А.А., Балавадзе А.Ш., Мухранели И.А. Некоторые данные о содержании озона в слоистых и развивающихся конвективных облаках. II Всесоюз. сим. по соврем. пробл. атм. озона, Тбилиси, 1978.
19. Kharchilava J., Tavartkiladze K., Lokapishvili M., Amiranashvili V. On the Total Ozone Variations in Georgia. J. of Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Cosmic Rays. Vol. 2B, Tbilisi, 1997, p. 39-50.
20. Amiranashvili V., Kharchilava J., Lokapishvili M., Tavartkiladze K. The Variability and Distribution of the Total Atmospheric Ozone in Georgia. Bull. of Georgian Acad. Sci., 157, N1, Tbilisi, 1998, p. 53-55.
21. 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, p. 83-85.
22. Amiranashvili A.G. National Report on Existing and Planned Activities Relating to Ozone Research and the Monitoring, Calibration and Archiving of Measurements; and on UV-B Monitoring and Initiatives Aimed at the Prevention of UV-B and Sun-Related Injuries in Georgia. Report of the 6th meeting of the ozone research managers of the parties to the Vienna Convention for the protection of the ozone layer, Vienna, Austria, September 19-21, 2005, 48, p. 129-133.
23. Чхетия А.М., Харчилава Дж.Ф. К вопросу исследования вариации общего содержания озона в аспекте проблемы Солнечно-земных связей. Тр. Ин-та геофизики им. М. Нодиа АН Грузии, ISSN 1512-1135, т. 58, Тбилиси, 2004, с. 215-223.
24. Харчилава Д.Ф., Карцивадзе А.И., Амиранашвили А.Г., Чихладзе В.А., Джинчарадзе А.Х., Локапишвили М.Г., Хведелидзе Р.З. Некоторые результаты озонозондирования атмосферы в Грузии. Тез. Докл. 3-ей Всесоюзн. конф. по аэрологии, Москва, 24-30 июня 1985, с. 148-149.
25. Харчилава Д.Ф., Амиранашвили А.Г., Локапишвили М.Г. Некоторые характеристики вертикального распределения озона над территорией Грузии, Сб. научн. тр. "Фотохимические процессы земной атмосферы", М., Наука, 1990, с. 231-234.
26. თავართქილაძე კ., ბეგალიშვილი ნ., ხარჩილავა ჯ., მუმლაძე დ., ამირანაშვილი ა., ვაჩნაძე ჯ., შენგელია ი., ამირანაშვილი ვ. ჰავის თანამედროვე ცვლილება საქართველოში. ჰავის განსაზღვრული ზოგიერთი პარამეტრის რეჟიმი და მისი ცვალებადობა. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია. გეოგრაფიის, გეოფიზიკის და ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტები, თბილისი, ISBN 99928-885-4.7, მონოგრაფია, 2006, 177 გვ.
27. Харчилава Д.Ф., Карцивадзе А.И., Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г., Джинчарадзе А.Х., Мухранели И.А., Цицкишвили М.С. О некоторых причинах возмущения плотности приземного озона в городской и сельской местности. Атмосферный озон, Тр. 6-го Всесоюзн. Симп., Ленинград, 15-17 мая 1985, Л., Гидрометеиздат, 1987, с. 288-294.
28. Харчилава Д.Ф., Ломая О.В., Амиранашвили А.Г., Пичхая Т.Е. Вариации приземного озона в условиях Тбилиси. Сб. научн. тр. "Фотохимические процессы земной атмосферы", М., Наука, 1990, с. 227-231.
29. Харчилава Д.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, с. 37-38.
30. Чихладзе В.А. Результаты исследований вариаций концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2003 гг. Тр. Ин-та геофизики АН Грузии, т. 58, Тбилиси, 2004, с. 182-186.
31. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Chikhladze V., Kharchilava J., Kartvelishvili L. The statistical analysis of average seasonal, semi-annual and annual values of surface ozone concentration in Tbilisi in 1984-2003. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B.

- Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 12B, Tbilisi, 2008, p. 45–48.
32. Харчилава Дж.Ф. Исследование изменчивости концентрации приземного озона при разных погодных условиях в двух различных – экологически чистой и загрязненной точках г. Тбилиси. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, т. 60, Тбилиси, 2008, с. 263-269.
 33. Харчилава Дж.Ф. Изменчивость концентрации приземного озона в городских и сельских условиях в зависимости от сезона и погодных условий. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, т. 60, Тбилиси, 2008, с. 270-276.
 34. Чихладзе В.А. Анализ изменчивости концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2003 гг. Тр. Ин-та геофизики, т. 60, 2008, Тбилиси, 2008, с. 295 - 305.
 35. Amiranashvili A., Kharchilava J., Chikhladze V. Statistical Characteristics of Surface Ozone Concentration in Ruispiri in 2006-2009. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue V. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 13B, Tbilisi, 2009, p. 55–64.
 36. Харчилава Дж.Ф., Кекенадзе Э., Багашвили Н. Суточная и годовая изменчивость концентрации приземного озона в селе Руиспири в условиях различной погоды. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, т. 61, Тбилиси, 2009, с. 195-200.
 37. Харчилава Дж.Ф., Чихладзе В.А., Чочишвили К.М. Анализ корреляционных связей концентрации приземного озона (КПО) в 15 часов со средними значениям КПО различного временного осреднения по дневным данным. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, т. 61, Тбилиси, 2009, с. 201-207.
 38. Чихладзе В.А., Хазарадзе К.Р., Челидзе Л.Т. Вариации повторяемости среднечасовых концентраций приземного озона (КПО) в Тбилиси. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, т. 61, Тбилиси, 2009, с.208-215.
 39. Чихладзе В.А. Изменчивость среднечасовых и часовых значений концентрации приземного озона в Тбилиси в 1980-2003 гг. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, т. 62, Тбилиси, 2010, с.160 – 168.
 40. Харчилава Д.Ф., Чихладзе В.А., Чочишвили К.М., Чхаидзе Г.П. Особенности изменчивости концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2012 гг. Тр. Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии, ISSN 1512 – 0902, т.119, Тбилиси, 2013, с. 100-103.
 41. Харчилава Дж., Багашвили Н., Чихладзе В. Исследование вариаций концентрации приземного озона в экологически чистой среде. Международная конференция “Актуальные проблемы геофизики”. Материалы научной конференции, посвященной 80 – летию со дня основания Института геофизики. Тбилиси, 2014, с. 187-192.
 42. Kharchilava J., Chikhladze V., Chargazia Kh. Changeability of surface ozone concentration in Tbilisi in last 30 year. International Conference “Applied Ecology: Problems, Innovations”, ICAE-2015. Proceedings, Tbilisi-Batumi, Georgia, ISBN 978-9941-0-7644-2, 7-10 May, 2015, Tbilisi, 2015, p. 23-29.
 43. Амиранашвили А.Г., Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Никофоров Г.В., Нодиа А.Г., Харчилава Д.Ф., Чанкветадзе А.Ш., Чихладзе В.А., Чочишвили К.М., Чхаидзе Г.П. Некоторые предварительные результаты комплексного мониторинга концентрации приземного озона (КПО), интенсивности суммарной солнечной радиации и содержания в воздухе субмикронных аэрозолей в Тбилиси в 2009-2011 г. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, т. 62, Тбилиси, 2010, с. 189-196.
 44. Kharchilava J., Bliadze T., Chikhladze V. Connection Between Surface Ozone Concentration and Visibility in Tbilisi. Proc. of Int. Conf. “Environment and Global Warming”, Dedicated to the 100th Birthday Anniversary of Academician F. Davitaya, Collected Papers New Series, N 3(82), ISSN 2333-3347, Tbilisi, 2011, p. 123-127.
 45. ამირანაშვილი ა., ბლიადე თ., ჩიხლაძე ვ. ფოტოქიმიური სმოგი თბილისში. მონოგრაფია, ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდია გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტომი 63, თბილისი, 2012, 160 გვ.

46. 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. 1st Int. Conf. on Ecology and Environmental Management in Caucasus, Tbilisi, Georgia, October 6-7, 2001, p. 80-82.
47. Амиранашвили А.Г., Амиранашвили В.А., Харчилава Д.Ф., Таварткиладзе К.А.,Торшелидзе Т.И., Габедова В.А. Оценка влияния долговременных вариаций общего содержания озона на изменчивость режима биологически активной ультрафиолетовой солнечной радиации в Грузии. Сб. докл. 3-ей Межд. конф “Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов”, Кисловодск, 21-24 апреля 2003, с. 76-77.
48. Амиранашвили А., Чихладзе В., Киркитадзе Д., Тархнишвили Л., Амиранашвили Г., Чихладзе А. Радиационные риск-факторы и безопасность населения, Тбилиси, 2005, 32 с., <http://dspace.nplg.gov.ge/handle/1234/18488>
49. Амиранашвили А.Г., Чихладзе В.А., Блиадзе Т.Г. Современное состояние вопроса о воздействии фотохимического смога и приземного озона на здоровье человека, Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, т. 62, Тбилиси, 2010, с. 177–188.
50. Amiranashvili A., Khurodze T., Shavishvili P., Beriashvili R., Iremashvili I. Dynamics of the Mortality of the Population of Tbilisi City and its Connection with the Surface Ozone Concentration. Journ. of Georgian Geophysical Soc., Iss. (B), Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, vol.16b, Tbilisi, 2013, p. 31-38.
51. Амиранашвили А.Г., Блиадзе Т.Г., Чихладзе В.А. Лабораторное моделирование приземного озона высокой концентрации. Международная конференция “Актуальные проблемы геофизики”. Материалы научной конференции, посвященной 80 – летию со дня основания Института геофизики. Тбилиси, 2014, с. 151-156.
52. Stankevich S. A. , Titarenko, O. V., Amiranashvili, A. G., Chargazia, Kh. Z. Analysis of the Atmosphere Aerosol and Ozone Condition Over Tbilisi Using Satellite Data and Ground Truth Measurements.1 4th Ukrainian Conference on Space Research, Uzhgorod, September, 8-12, 2014, Abstracts, Kyiv, 2014, p. 161.
53. Stankevich A.S., Titarenko O.V., Amiranashvili A.G., Chargazia Kh. Z. Determination of Distribution of Ozone Content in Lower Troposphere and Atmospheric Aerosol Optical Thickness over Territory of Georgia Using Satellite Data and Ground Truth Measurements. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue (B). Physics of Atmosphere, Ocean, and Space Plasma, v.17b, 2014, p. 26-37.
54. Stankevich S., Titarenko O., Amiranashvili A., Chargazia Kh. Modeling of Ozone Content Distribution in Lower Troposphere over the Territory of Georgia Using the Data of Satellite and Ground Observations. Bulletin of the Georgian National Academy of sciences, vol. 9, No. 2, 2015, p. 54-58.

**მ. ნოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტში ატმოსფერული ოზონის კვლევების
შესახებ**

აფხაიძე ა., ბალავაძე ა., ნიკიფოროვი გ., ხარჩილავა ჯ., ჩხაიძე გ.

რეზიუმე

მ. ნოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტში ატმოსფერული ოზონის კვლევები (ოზონის მთლიანი შემცველობა, მისი ვერტიკალური განაწილება, მიწისპირა ოზონის კონცენტრაცია) ტარდება ოთხ ათწლეულზე უფრო მეტ ხანს. წარმოდგენილია ამ კვლევების მიმოხილვა.

**ON THE STUDIES OF ATMOSPHERIC OZONE IN M. NODIA INSTITUTE OF
GEOPHYSICS**

Apkhaidze A., Balavadze A., Nikiforov G., Kharchilava J., Chkhaidze G.

Abstract

Studies of atmospheric ozone (total ozone content, its vertical distribution, surface ozone concentration) have been conducted for more than four decades at M. Nodia Institute of Geophysics. The review of these investigations is presented.

**ОБ ИССЛЕДОВАНИЯХ АТМОСФЕРНОГО ОЗОНА В ИНСТИТУТЕ
ГЕОФИЗИКИ ИМ. М. НОДИА**

Апхайдзе А.А., Балавадзе А.Ш., Никифоров Г.В., Харчилава Дж.Ф., Чхайдзе Г.П.

Реферат

Исследования атмосферного озона (общее содержание озона, его вертикальное распределение, концентрация приземного озона) в Институте геофизики им. М. Нодиа проводятся более четырех десятилетий. Представлен обзор этих исследований.