

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ АТМОСФЕРНОГО ОЗОНА В ГРУЗИИ

Харчилава Дж.Ф.

*Институт геофизики им. М.З. Нодиа Тбилисского государственного университета  
им. Ив. Джавахишвили*

В Грузии наблюдения за общим содержанием озона (ОСО) начались в 1957 году в рамках Международного геофизического года в Абастуманской астрофизической обсерватории. В том же году Управление гидрометеослужбы начало измерения ОСО на горе Эльбрус (Терскол). В последующем эти измерения продолжились с 1964 года в Тбилиси [1].

Исследования атмосферного озона в Институте геофизики Академии наук Грузии начались с 1973 года. Измерялись общее содержание озона (ОСО), концентрация приземного озона (КПО), вертикальное распределение озона (ВРО). Такое комплексное исследование на территории бывшего Советского Союза проводилось только в Грузии. ОСО измерялось в с. Руиспири (Телавский район). Измерения КПО проводились в Тбилиси, Руиспири, в Сухуми, Зугдиди, Мestia, в селах Корцхели, Анаклиа, Бечо, Вани, на горе Телавис Циви и на Эльбрусе (Терскол). Был установлен сезонный и вековой ход ОСО, а также суточный, сезонный и вековой ход КПО в Тбилиси и в Руиспири. Максимум ОСО наблюдается весной, в феврале-марте, а минимум осенью [1]. Для условий Кахетии были исследованы вариации ОСО и КПО в связи с атмосферными процессами и метеорологическими параметрами [1]. Было установлено, что перед вторжением холодных фронтов наблюдался рост ОСО и КПО. Приближение грозových процессов вызывает резкое увеличение этих параметров. В стадии развития грозового облака КПО под этими облаками уменьшается, а на периферии облаков увеличивается, вследствие чего КПО может использоваться в качестве индикатора вертикальных потоков. При распаде грозových облаков КПО резко возрастает на 100 – 200 % и достигает значения 100 – 150 мкг/м<sup>3</sup>. На концентрацию приземного озона большое влияние оказывает вертикальный градиент температуры, скорость и направление ветра и влажность. Чем больше вертикальный градиент температуры, тем больше концентрация озона. Между скоростью ветра и КПО существует прямая пропорциональная зависимость. Западные ветры вызывают рост КПО и уменьшение ОСО. Во время восточных ветров имеет место уменьшение КПО. Увеличение влажности уменьшает КПО [1]. Было установлено, что в дни с массивными градобитиями во Внутренней Кахетии концентрация озона в приземном слое воздуха мала по сравнению с её значениями во время хорошей погоды и во время грозových процессов. [2]. Это прямо указывает на льдообразующие свойства озона, что было подтверждено лабораторными опытами сотрудников Института геофизики.

Был исследован характер аэродинамической ситуации над Алазанской долиной во время градо-грозových процессов. Были рассмотрены виды воздушных фронтов, барические образования на разной высоте и расположение струйных течений и их влияние на концентрацию приземного озона относительно пункта наблюдения. Такой анализ был проведен для, так называемых, дней с градом на большой площади (ГБП) и дней с градом на малой площади (ГМП).

Анализ показал, что для дней первого типа в основном (84% случаев) характерно влияние «холодных» фронтов воздуха, а для дней второго типа – ситуация без «фронтов» (55% случаев). Во время процесса ГБП на земной поверхности в основном (88% случаев) наблюдаются циклонические барические образования, а в дни с процессом типа ГМП наблюдаются в основном (55% случаев) антициклонические барические образования.

Анализ высотных барических образований на изобарической поверхности 500 мб показал, что во время процесса ГБП в 81% случае наблюдается ложбина и только в 19% случаях – левая сторона гребня. Для дней с процессом ГМП в 75% случаях наблюдается ложбина и только в 20% случаях – гребень.

Аналогичная картина наблюдается и на уровне 300 мб изобарической поверхности. Было рассмотрено положение пункта наблюдения за концентрацией приземного озона относительно струйного течения. Оказалось, что во время процесса ГБП в 69% случаях пункт наблюдения за озоном располагался в центральной и правой части струйного потока, а во время процесса ГМП – в 85% случаях. Соответственно, во время процесса ГБП в 31% случаях пункт наблюдения за озоном располагался в левой части струйного потока, а во время процесса ГМП – в 15% случаях.

Расстояние от пункта наблюдения за озоном не превосходило, в основном, 2° (1 градус примерно 111 км) в случае, когда зона струйного течения находится левее, а в случае расположения пункта наблюдения за озоном правее зоны струйного течения, расстояние между ними доходило до 8-12°.

Как при ГБП, так и ГМП, зона струйного течения в основном, в 55-75% случаях находится над пунктом наблюдения за озоном.

Во время процесса ГБП струйное течение было направлено преимущественно (в 54% случаях) с запада на восток, а в 40% случаях с юго-запада на северо-восток. Во время процесса ГМП струйное течение было направлено преимущественно (в 60% случаях) с юго-запада на северо-восток, а в 30% случаях с запада на восток. Направление с юга на север составило для процесса ГБП 4% случаев, а для процесса ГМП – 10% случаев.

Было проведено сравнение средних скоростей на оси струйного течения во время процессов ГБП и ГМП. Оказалось, что для первого процесса средняя скорость ветра составляла 40 м/сек, а для второго процесса – 30 м/сек. Для процесса ГБП скорость ветра на нижней границе составила 20 м/сек, а на верхней 60 м/сек, тогда как во время процесса ГМП скорость ветра на верхней границе составляет 15 м/сек, а на нижней – 45 м/сек. Это означает, что для процесса ГБП характерна большая скорость на оси струйного течения.

Проведенное исследование показывает весьма существенные моменты связей между КПО и градовыми процессами:

1. Во время процесса ГБП над Алазанской долиной преимущественно проявляется влияние холодных фронтов, а в случае процессов ГМП в основном наблюдается положение без фронтов, т.е. в этом случае процессы носят в основном внутримассовый характер.
2. Во время процессов ГБП и ГМП высотные барические образования для обоих процессов преимущественно одинаковы – высотная ложбина (правая сторона).
3. Во время всех рассмотренных случаях градовых процессов над Алазанской долиной наблюдаются струйные течения. Зона струйного течения находилась преимущественно над пунктом наблюдения за озоном. Ось струйного течения была направлена в основном с запада на восток и с юго-запада на северо-восток. Максимальная скорость ветра на оси струйного течения во время процесса ГБП выше, чем во время процесса ГМП.
4. Во время безградового грозового процесса над пунктом наблюдения за озоном струйное течение не наблюдается или бывает с небольшой скоростью ветра.
5. Высота градового облака существенно выше высоты безградового облака (по данным анализа радиолокационных данных).
6. КПО во время процесса ГБП существенно ниже, чем во время грозы и процесса ГМП.

Основываясь на результатах проведенных исследований можно сделать выводы: во время нахождения струйного течения над Кахетией, в атмосфере (тропосфере) будут господствовать восходящие потоки, которые понижают содержание озона в тропосфере. На уровне тропопаузы большие скорости ветра создают благоприятные условия для образования мощных, высоких облаков, которые пробивают тропопаузу и иногда достигают высоты 15 км и более. Ширина такого градового облака достигает несколько десятков километров, а количество таких облаков – единицы. Ввиду того, что содержание озона в тропосфере в это время мало, и если примем во внимание способность озона создавать из неактивных частиц активные, тогда количество ядер конденсации в атмосфере (тропосфере) и облаках будет незначительным. Поэтому создаются благоприятные условия для образования града. В том случае, когда струйный поток не находится над пунктом наблюдения за озоном и имеются условия для развития грозных облаков, в тропосфере образуется большое количество грозных зон, которые ввиду своей слабой энергии не способны пробивать тропосферу (струйный поток помогает конвективным облакам пробивать тропопаузу; иногда струйный поток сам пробивает тропопаузу [3] и этим способствует превращению грозного облака в градовое). Поэтому под тропопаузой возникает большое количество грозных ячеек, наблюдаются частые грозные разряды и это создает в тропосфере большое количество молекул озона. Благодаря озону создается такое количество ядер кристаллизации, что имеющаяся водность облака недостаточна для роста градин до опасных размеров. В результате получаем саморассеяние ядер кристаллизации.

Возникшим грозным облакам, которые достигают тропопаузы, кроме струйного течения, вероятно помогает и специфика орографии (для возникновения вдоль склонов начальных вертикальных потоков).

Таким образом, в условиях Алазанской долины, если в атмосфере образуется струйный поток и концентрация приземного озона будет на уровне КПО хорошей погоды или менее, при наличии условий образования конвективных облаков, с большой долей вероятности можно ожидать выпадения града.

Проведено исследование изменчивости КПО в условиях чистой окружающей среды на примере села Руиспири (Телавский район) при разнообразной погоде. Были использованы материалы наблюдения за КПО за период 2003 – 2012 годов. Изменчивость КПО была исследована для 7 типов погоды:

1. Полностью или преимущественно чистое небо, штиль или слабый ветер;
2. Полностью или преимущественно облачное небо, штиль или слабый ветер;
3. Полностью или преимущественно чистое небо, северо-западный ветер;
4. Полностью или преимущественно облачное небо, северо-западный ветер;
5. Полностью или преимущественно чистое небо, юго-восточный ветер;
6. Полностью или преимущественно облачное небо, юго-восточный ветер;
7. Полностью облачное небо, дождь (обложной), снег, туман.

Были рассмотрены суточные вариации КПО (9 – 23 часа) при всех 7 типах погоды. Было установлено, что при всех 7 типах погоды суточный ход вариаций КПО характеризовался максимальным значением в пределах 15 – 16 часов и минимальным значением утром и ночью. Во время погоды 1-го типа значение КПО всегда выше, чем во время погоды 2-го типа. Основная причина этого явления – высокая влажность во время погоды 2-го типа. Во время погоды 3-го типа значение КПО всегда выше, чем во время погоды 4-го типа. Основная причина этого явления в этом случае – высокая влажность во время погоды 4-го типа. Аналогично, и во время погоды 5-го типа значение КПО всегда выше, чем во время погоды 6-го типа. Основная причина этого явления также высокая влажность во время погоды 6-го типа. Во время погоды 7-го типа значение КПО ниже, чем во время всех остальных (1 – 6) типов погоды. И в этом случае, основная причина этого явления – высокая влажность. Из всех рассмотренных (1 – 7) типов

погоды, наибольшая величина КПО наблюдается при погоде 3 –го и 5-го типов. Причиной этого, в основном, является скорость ветра и связанная с этим турбулентность воздуха, в результате воздействия которых происходит перенос озона из верхних слоев в приземный слой воздуха. Изменчивость КПО всех семи типов погоды характеризуется весенним максимумом и осенним минимумом. Рассмотрение изменчивости КПО всех семи типов погоды за период 2003 – 2012 годов показало, что с 2008-го года значение КПО резко меняется в условиях погоды 3 – 6 типов. Причиной этого, в основном, должно быть загрязнение атмосферы из-за переноса масс воздуха северо-западными и юго-восточными ветрами [4].

Было проведено исследование изменчивости КПО в условиях различной погоды в двух: экологически чистом и загрязненном пунктах г. Тбилиси. Экологически сравнительно чистым пунктом выбрали район Делиси, точнее место расположения отдела космических лучей Института геофизики АН Грузии. Местом сравнительно загрязненной территории была выбрана территория Академгородка – измерения производились в здании Института геофизики. В указанных пунктах измерения проводились синхронно с июля 2003-го года по ноябрь 2005-го года. Для изучения влияния погоды на величину КПО, были проведены исследование для 7 типов погоды, аналогичные проведенном в Руиспири:

1. Полностью или преимущественно чистое небо, штиль или слабый ветер;
2. Полностью или преимущественно облачное небо, штиль или слабый ветер;
3. Полностью или преимущественно чистое небо, северо-западный ветер;
4. Полностью или преимущественно облачное небо, северо-западный ветер;
5. Полностью или преимущественно чистое небо, юго-восточный ветер;
6. Полностью или преимущественно облачное небо, юго-восточный ветер;
7. Полностью облачное небо, дождь (обложной), снег, туман.

При выборе указанного распределения температуры было учтено то обстоятельство, что господствующее направление ветра в Тбилиси – северо-западное и юго-восточное. В Делиси, в течение дня, наименьшее значение КПО наблюдалось во время погоды 2-го и 7-го типов, а наибольшая – во время погоды 3-го и 4-го типов. Здесь основную роль в росте КПО играет северо-западный ветер. Что касается юго-восточного ветра, то и он вызывает рост КПО, но значительно слабее. Во время процесса 1-го типа в Делиси, при наличии солнечной радиации, приземный озон из-за сравнительно чистого воздуха в результате фотохимических процессов не образуется. Во время процессов 2-го типа диффузионно перенесенный из стратосферы озон распадается ввиду высокой влажности воздуха. Во время процессов 3-го и 4-го типов, озон, перенесенный ветром из стратосферы, превосходит количество озона, которое расходуется из-за влажности облаков. Во время процессов 5-го и 6-го типов озон, благодаря турбулентности воздуха, переносится из стратосферы, но в это время юго-восточные ветры вызывают загрязнение атмосферы и, соответственно, понижение концентрации озона [5].

Наименьшее значение КПО в Академгородке в течение дня наблюдалось во время погоды 2-го и 7-го типов, а самое высокое – во время погоды 1-го, 3-го и 5-го типов. Во время погоды 1-го типа воздух в Академгородке настолько загрязнен, что происходит образование озона в результате фотохимических процессов. Во время процесса 2-го типа уровень загрязнения атмосферы высокий, однако, ввиду облачности фотохимические процессы не происходят и озон не образуется. Наоборот, это загрязнение вызывает расход озона, перенесенного диффузией из верхних слоев. Во время процесса 3-го типа атмосфера чистая, перенесенный ветром озон не расходуется и наблюдается его высокая концентрация. Во время процесса 4-го типа из-за облачности и высокой влажности перенесенный турбулентностью озон расходуется, в результате чего наблюдается низкая его концентрация. Во время процессов 5-го типа озон переносится юго-восточным ветром из верхних слоев и, кроме этого, образуется в загрязненной атмосфере в результате фотохимических реакций. В результате этого во время процессов 5-го

типа наблюдается высокая концентрация озона. Во время процессов 6-го типа озон, перенесенный турбулентностью, расходуется вследствие высокой влажности воздуха, а вследствие недостаточной солнечной радиации возникновения озона в результате фотохимических реакций не происходит. Во время процессов 7-го типа в атмосфере наблюдается высокая влажность, что вызывает распад озона, перенесенного из высоких слоев, вследствие чего КПО низкая [5].

Сравнение изменчивости КПО в двух различных со сравнительно чистым и загрязненным воздухом районах г. Тбилиси показывают своеобразие изменчивости КПО в связи с чистой атмосферой. В частности, ввиду того, что атмосфера в Делиси сравнительно чище, чем в Академгородке, во время процесса первого типа, когда в атмосфере Академгородка происходит образование смогового озона вследствие фотохимических процессов, в атмосфере Делиси этого не наблюдается вследствие низкой концентрации необходимых для протекания фотохимических процессов загрязняющих газов. Во время процессов 2-го типа КПО в Академгородке выше, чем в Делиси. Возможно в это время, вследствие высокого уровня загрязненности воздуха в Академгородке, в солнечные периоды дня происходит образование озона. Аналогичная картина должна иметь место во время процессов 5-го и 6-го типов. Во время процесса 4-го типа КПО в Делиси выше. В это время в обоих районах при чистой атмосфере смоговый озон не образуется. Однако, вследствие того, что воздух в Академгородке более загрязнен, чем в Делиси, там перенесенный турбулентностью озон расходуется интенсивнее. Во время процесса 7-го типа в обоих районах наблюдаются примерно одинаковые условия (высокая влажность), вследствие чего КПО в обоих районах примерно одинакова.

По данным оптических и электрохимических озонзондирований атмосферы были получены профили вертикального распределения озона над различными районами Грузии. Было установлено, что грозовые процессы, струйные течения и вторжение воздушных масс создают слоистую структуру ВРО. Существенным фактором переноса озона из одного слоя атмосферы в другой является турбулентность [1, 6-8].

Подробно были изучены долговременные вариации ОСО в Грузии, построены карты распределения ОСО над ее территорией и соседними регионами (Одесса, Самара, Ашхабад, Алма-Ата). Было отмечено наличие отрицательных трендов ОСО как для среднесезонных, так и среднегодовых значений [10-12].

Ряд работ был посвящен исследованиям связей озона с атмосферными аэрозолями, его роли в образовании льдообразующих ядер, возникновению фотохимического смога в Тбилиси, роли озона в качестве индикатора загрязнения воздуха [1, 11-15].

В монографии [15] представлен общий статистический анализ значений КПО в Тбилиси вне зависимости от условий погоды. В частности, в 2009-2011 гг. концентрация приземного озона менялась от 0 до 166 мкг/м<sup>3</sup>. Изменчивость концентрации приземного озона в 1984-2011 гг. происходила в соответствии с полиномом четвертой степени. С 1984 по 1997-1998 гг. происходил рост КПО, затем – до 2006-2007 гг., уменьшение и в 2008-2011 гг. – вновь рост. Была 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. Получена карта распределения КПО в Тбилиси. Показано, что по данным стационарного пункта измерений можно оценить уровень КПО в Тбилиси в целом. Разработаны ультракраткосрочная (2-5 часов) и краткосрочная (12 часов) статистические модели прогнозирования смогового озона, оправдываемость которых составляет 64-78 %.

Были проведены комплексные исследования влияния загрязнений атмосферы и озона на рост различных заболеваний и смертности, в том числе по поводу сердечно-сосудистых заболеваний [1, 15-21]. Показано, что в условиях города Тбилиси концентрация приземного озона 50 мкг/м<sup>3</sup> и выше очень негативно влияет на здоровье людей и приводит к росту

смертности [15,21]. Эта концентрация в 3-5 раз ниже принятых в Европе и США предельно допустимых концентраций озона.

Рост КПО и сопутствующих ему вредных для здоровья людей компонентов смога в среднем увеличивают среднегодовую смертность населения г. Тбилиси на 1680 человек, что составляет 14.1 % от среднегодовой смертности населения города. Это в 3 раза выше, чем для тех же параметров в развитых странах. Также 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 значимых КПО) [15,21,22].

В работе [23] было изучено влияние вариаций среднегодовых значений температуры воздуха, концентрации приземного озона и интенсивности галактических космических лучей на смертность населения города Тбилиси. В частности, было получено, что в пределах вариационного размаха вклад исследуемых параметров в изменчивость смертности следующий: случайной компоненты температуры воздуха – 8.5 %, реальных значений концентрации приземного озона и интенсивности космических лучей – 20.9 % и 16.5 % соответственно.

Для борьбы с фотохимическим смогом была проведена серия экспериментов с целью найти способ воздействия на озон высоких концентраций. Для воздействия использовались воды разной минерализации и паро-водяная смесь. На основании проведенных экспериментов была предложена предварительная методика воздействия на высокие концентрации озона с целью ее уменьшения [15,24].

Совместно с украинскими учеными с использованием методологии определения распределения содержания озона в нижней тропосфере по данным спутниковых и наземных измерений в Тбилиси получены карты 2D и 3D распределения содержания озона в 2.5-километровом слое атмосферы над территориями Грузии и сопредельных стран [25-27].

## Литература

1. Харчилава Дж.Ф., Амиранашвили А.Г. Исследование вариации атмосферного озона в Грузии. М. МГК при президиуме АН СССР, производственно-издательский комбинат ВИНТИ, 1988, 114 с.
2. 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.
3. Кварацхелия И.Ф. Аэрологические исследования в Закавказье. Гидрометеиздат, Л., 1964, 152 с.
4. Харчилава Дж., Багашвили Н., Чихладзе В. Исследование вариации концентрации приземного озона в экологически чистой среде. Тр.научн конференции, посвященной 80-ти летию со дня основания Института геофизики. Тбилиси, 2014, с. 187-192.
5. Kharchilava J., Kekenadze E., Chkhaidze G., Mchedlishvili K. Analysis of weather dependent variations of ozone concentration in near earth air in hot pollution free and pollution pars of Tbilisi. Bulletin the Georgian Academy of sciences, 174, №3, 2006, p. 427-430.
6. Харчилава Д.Ф., Карцивадзе А.И., Амиранашвили А.Г., Чихладзе В.А., Джинчарадзе А.Х., Локапишвили М.Г., Хведелидзе Р.З. Некоторые результаты озонзондирования атмосферы в Грузии. Тез. Докл. 3-ей Всесоюзн. конф. по аэрологии, Москва, 24-30 июня 1985, с. 148-149.
7. 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.

8. 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, ISBN99928-885-4.7, მონოგრაფია, 2006, 177 გვ.
9. 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.
10. 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, pp. 53-55.
11. 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.
12. Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г. Аэрозоли и ледяные кристаллы в атмосфере, Тбилиси, Мецниереба, 1991, 113 с.
13. Амиранашвили А.Г., Бლიაძე Т.Г., Киркитаძე Д.Д., Никофоров Г.В., Нодия А.Г., Харчилава Д.Ф., Чанкветაძე А.Ш., Чихლაძე В.А., Чочишвили К.М., Чхаიძე 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, Тб.:, 2010, с. 189-196.
14. 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 100<sup>th</sup> Birthday Anniversary of Academician F. Davitaya, Collected Papers New Series, N 3(82), ISSN 2333-3347, Tbilisi, 2011, p. 123-127.
15. Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V. Photochemical Smog in Tbilisi. Monograph, Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2012, vol. 63, 160 p., (in Georgian).
16. 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. 1<sup>st</sup> Int. Conf. on Ecology and Environmental Management in Caucasus, Tbilisi, Georgia, October 6-7, 2001, pp. 80-82.
17. Амиранашвили А.Г., Амиранашвили В.А., Харчилава Д.Ф., Таварткиладзе К.А., Горошелидзе Т.И., Габедავა 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.
18. Амиранашвили А., Чихლაძე В., Киркитаძე Д., Тархნიшвили Л., Амиранашვილი Г., Чихლაძე А. Радиационные риск-факторы и безопасность населения, Тб.:, 2005, 32 с., <http://dspace.nplg.gov.ge/handle/1234/18488>
19. Amiranashvili A.G., Gogua R.A., Matiashevili T.G., Kirkitadze D.D., Nodia A.G., Khazaradze K.R., Kharchilava J.F., Khurodze T.V., Chikhladze V.A. The Estimation of the Risk of Some Astro-Meteo-Geophysical Factors for the Health of the Population of the City of Tbilisi. Int. Conference "Near-Earth Astronomy 2007" Abstract, Terskol, Russia, 3-7 September 2007, p. 86.

20. ამირანაშვილი ა.გ., ჩიხლაძე ვ.ა., ბლიაძე თ.გ. 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, Тб.:, 2010, с. 177–188.
21. 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, pp. 31-38.
22. აპხაიდზე ა.ა., ბალავაძე ა.შ., ნიკიფოროვ გ.ვ., ხარჩილავა დ.ფ., ჩხაიდზე გ.პ. Об исследованиях атмосферного озона в институте геофизики им. М. Нодиа. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, т. 66, Тбилиси, 2016, с. 191-198.
23. Amiranashvili A.G., Bakradze T. S., Berianidze N.T., Japaridze N.D., Khazaradze K.R. Effect of Mean Annual Changeability of Air Temperature, Surface Ozone Concentration and Galactic Cosmic Rays Intensity on the Mortality of Tbilisi City Population. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.19B, Tbilisi, 2016, pp. 135-143.
24. ამირანაშვილი ა.გ., ბლიაძე თ.გ., ჩიხლაძე ვ.ა. 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.
25. 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 4<sup>th</sup> Ukrainian Conference on Space Research, Uzhgorod, September, 8-12, 2014, Abstracts, Kyiv, 2014, p. 161.
26. 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, pp. 26-37.
27. 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, pp. 54-58.

## **საქართველოში ატმოსფერული ოზონის კვლევების**

### **ზოგიერთი შედეგები**

**ხარჩილავა ჯ.**

**რეზიუმე**

საქართველოში ატმოსფერული ოზონის კვლევები და იწყო 1957 წელს საერთაშორისო გეოფიზიკურ წელთან დაკავშირებით და გრძელდება დღესაც. იზომებოდა ოზონის საერთო რაოდენობა (ოსრ) აბასთუმანში, მთა იალბუზზე (დაბა ტერსკოლი), თბილისში, ს. რუისპირში, სოხუმში. იზომებოდა მიწისპირა ოზონის კონცენტრაცია (მოკ) თბილისში, ს. რუისპირში, სოხუმში, მესტიაში, ზუგდიდში და ა.შ. ოზონის ვერტიკალური განაწილების გაზომვები ჩატარდა ს. რუისპირში და სოხუმში. დადგინდა, რომ ოსრ-ის მაქსიმუმი დაიკვირვება გაზაფხულზე, ხოლო მინიმუმი შემოდგომას. მოკ-ის დღელამურ სვლაში მაქსი-

მუმი დაიკვირება 13 – 15 საათზე, მინიმუმი კი დილით და საღამოს. მოკ-ის სეზონურ სვლაში მაქსიმუმი დაიკვირება გაზაფხულზე და შემოდგომით, ხოლო მინიმუმი ზამთარსა და ზაფხულში. ოზონის ვერტიკალური განაწილების შესწავლისას აღმოჩნდა, რომ ელჭექის ღრუბლების განვითარების სტადიაში მოკ ამ ღრუბლის ქვემოთ მცირდება, ხოლო ღრუბლის პერიფერიაში იზრდება. ელჭექის ღრუბლის დაშლისას მოკ მკვეთრად იზრდება 100-200%-ით დააღწევს 100-150 მკგ/მ<sup>3</sup>-ს. აღმოჩნდა, რომ ელჭექის პროცესის მიმდინარეობისას ტროპოსფეროში დაიკვირება ოზონის მეტად მაღალი კონცენტრაცია, რომელიც თავის სიდიდით უახლოვდება ოზონის ვერტიკალური პროფილის მაქსიმუმს (300 – 500 მკგ/მ<sup>3</sup>-ს.).

თბილისში მზიანი, უქარო სუფთა ანტიციკლონარული ამინდის პირობებში მოკ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობა აღწევს 50-60 მკგ/მ<sup>3</sup>-ს, დასავლეთი ძლიერი ქარების დროს დროს კი 70 მკგ/მ<sup>3</sup>-ს. მზიანი უქარო ამინდის პირობებში, ატმოსფეროს ძლიერი გაჭუჭყიანებისას მოკ-ი 11 საათიდან იწყებს ზრდას და ზოგჯერ აღწევს 100 – 160 მკგ/მ<sup>3</sup>-ს. მოკ-ის ასეთი მნიშვნელობა აღნიშნული ამინდის პირობებში შეიძლება გაგრძელდეს 17-18 საათამდე, რამაც შეიძლება დიდი ზიანი მიაყენოს ბიოსფეროს.

მ. ნოდისას გეოფიზიკის და მიწათმოქმედების ინსტიტუტების თანამშრომლებმა დაადგინეს, რომ ჰაერში ჭარბი ოზონის არსებობისას პარკოვანი მცენარეების თესლების გაღვივება არ ხდება. სოფელ კორცხელში (ზუგდიდის რაიონი) ელჭექის დროს და ფიქსირდა ოზონის მაღალი კონცენტრაცია (80 მკგ/მ<sup>3</sup>-ს), რამოდენიმე საათის შემდეგ დაიწყო ლიმონის ყვავილების მასიური ცვენა.

ბიოსფეროსთვის მავნეა ნორმაზე დაბალი კონცენტრაციებიც, რამდენადაც ოზონი წარმოადგენს ბუნებრივ დეზინფექტორს. მისი სიმცირის ან არ არსებობის დროს ჰაერში ინტენსიურად მრავლდებიან სხვადასხვა ინფექციური დაავადების მიკრობები.

## **Некоторые результаты исследований атмосферного озона в Грузии**

**Харчилава Дж.Ф.**

**Реферат**

Представлена обзорная информация о проведенных в Грузии исследованиях атмосферного озона с 1957 года по настоящее время.

## **Some Results of Investigations of Atmospheric Ozone in Georgia**

**Kharchilava J.**

**Abstract**

The paper considers the survey information about the conducted investigations on atmospheric ozone since 1957 in Georgia.