

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА ПРИ РАЗНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ В ДВУХ РАЗЛИЧНЫХ – ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ И ЗАГРЯЗНЁННОЙ ТОЧКАХ Г. ТБИЛИСИ

Харчилава Дж.Ф.

*Институт геофизики им. М. Нодиа*

### Вступление

Основная масса озона в атмосфере сосредоточена в стратосфере с максимумом на высоте 20 – 25 км над уровнем моря. В тропосфере содержится примерно 8 – 15 процентов всего озона.

Концентрация озона в тропосфере может возрасти в результате природных процессов: во время прорыва тропопаузы; во время грозových процессов; при выходе озона из литосферы через линии разломов; при воздействии солнечной радиации на газы метановой группы (метан, изопрен, терпен и др.). Рост концентрации озона в тропосфере имеет место также при фотохимических реакциях с антропогенными загрязнениями.

Интенсивное развитие промышленности, транспорта, минерализация почвы и т.п., вызывают интенсивное загрязнение различными газами и аэрозолями. Всё это создаёт условия для уменьшения стратосферного озона и роста тропосферного. Во время смоговой ситуации в тропосфере, при наличии солнечной радиации, концентрация озона может достичь и даже превзойти стратосферный максимум концентрации озона. При этом, рост концентрации приземного озона, благодаря его оптическим свойствам, может вызвать рост температуры в тропосфере, благодаря поглощению озоном инфракрасного излучения и выделения тепла при окислении озоном газов и аэрозолей. Положительный тренд тропосферного озона уже зафиксирован учёными в ряде районов Европы, Азии и Америки [6, 7, 8], отметившим предполагаемый вклад тропосферного озона в «тепличном эффекте».

Вариации концентрации приземного озона (КПО) связаны с различными метеорологическими параметрами. Этому вопросу посвящен целый ряд трудов зарубежных учёных, в том числе и в странах постсоветского пространства. В работе [9] показана тесная связь между КПО и потенциальной температурой мокрого термометра, коэффициент корреляции – 0,95. Согласно [5], у КПО самая высокая корреляционная связь с солнечной радиацией, дождь и скорость ветра слабо связаны с изменчивостью озона, однако направление ветра играет значительную роль в изменчивости КПО. При высокой влажности КПО уменьшается [2]. Связь между КПО и метеопараметрами исследовали и другие авторы [1, 3, 4, 10].

Предельно допустимая концентрация (ПДК) озона для человека при одновременном воздействии составляет  $125 \text{ мкг/м}^3$ , в течение суток –  $28 \text{ мкг/м}^3$ . Для растений ПДК составляет  $60 \text{ мкг/м}^3$  при 4 часовом воздействии, а для животных –  $70 \text{ мкг/м}^3$  также при 4 часовом воздействии.

Целью данной работы является исследование изменчивости концентрации приземного озона при разных погодных условиях в двух различных – экологически чистой и загрязнённой точках г. Тбилиси. Экологически сравнительно чистым районом выбрано Делиси. Измерения проводились на территории отдела космических лучей Института геофизики, по адресу: улица Нуцубидзе, 77. Сравнительно загрязнённой будем считать территорию Академгородка, где на десятом этаже здания Института геофизики проводились регулярные измерения. Параллельные измерения проводились одновременно с июля 2003 года по ноябрь 2005 года. Для изучения влияния погоды на КПО были

выделены следующие типы погоды: 1 – полностью или преимущественно безоблачное небо, штиль; 2 – полностью или преимущественно закрытое облаками небо, штиль; 3 – полностью или преимущественно безоблачное небо, северо-западный ветер; 4 – полностью или преимущественно закрытое облаками небо, северо-западный ветер; 5 – преимущественно или полностью безоблачное небо, юго-восточный ветер; 6 – полностью или преимущественно закрытое облаками небо, юго-восточный ветер; 7 – дождь (обложной), дождь, туман. При выборе этих типов погоды было принято во внимание то обстоятельство, что в Тбилиси господствующими направлениями ветра являются северо-западный и юго-восточный. Наблюдения за погодой и КПО в Академгородке проводились ежедневно, с 10 до 17 часов ежедневно, кроме субботы и воскресенья, а в Делиси иногда и в эти дни.

Результаты анализа изменчивости КПО для обоих пунктов приведены в таблицах 1 и 2 и на рисунках 1 – 3. В первом столбце таблицы указан номер процесса (1 – 7), во втором – вид процесса (погоды), в третьем столбце представлены средние значения КПО за время наблюдения (10 – 17 часов), а также средние, максимальные и минимальные значения КПО для каждого процесса. Под каждым среднечасовым значением КПО в скобках дано количество дней наблюдений.

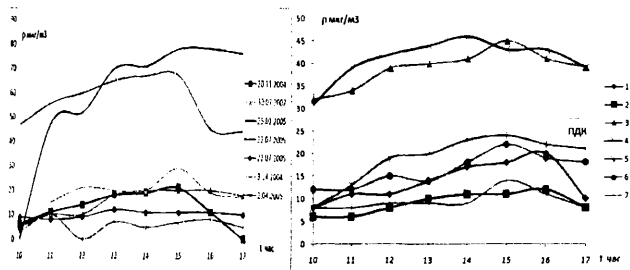


Рис.1. Изменчивость КПО в Делиси в отдельные дни (слева) и средние значения при разных типах погоды (справа).

### 1. Исследование изменчивости концентрации приземного озона при разных погодных условиях в экологически сравнительно чистой точке г. Тбилиси.

В течение дня в Делиси самые низкие значения КПО наблюдались во время второго и седьмого типов погоды, а самые высокие – во время погоды третьего и четвертого типов (таблица 1). Из таблицы 1 видно также, что в Делиси главную роль в росте КПО играет северо-западный ветер. Что же касается юго-восточного ветра, то он также вызывает рост КПО, но в меньшей степени. Причиной этого считаем то, что при северо-западном ветре атмосфера в Делиси очень чистая и расход озона, перенесённого из стратосферы благодаря турбулентности воздуха, незначителен. Во время же юго-восточного ветра, расход перенесённого из стратосферы озона идёт значительно интенсивнее. В Делиси, во время погоды 1-го типа, благодаря чистоте воздуха, фотохимический озон на поверхности земли не образуется. Во время погоды 2-го типа, диффузионно перенесённый из стратосферы озон расходуется из-за высокой влажности воздуха. Во время 3-го и 4-го типов погоды, количество перенесённого из стратосферы ветром озона превышает то, которое расходуется при прохождении облачного слоя. Во время 5-го и 6-го типов погоды, озон также переносится турбулентностью из стратосферы, однако юго-восточные ветры вызывают загрязнение атмосферы и, следовательно, уменьшение концентрации озона.

Изменчивость КПО в Делиси во время различных типов погоды, хорошо видна на рис.1, где показана изменчивость КПО в различные дни. Хорошо видны высокие значения КПО во время погоды 3-го и 4-го типов, и низкие значения во время погоды 5-го и 7-го типов. Таблица 1 графически представлена на рис. 1. На рис. 3 представлена изменчивость средних, минимальных и максимальных значений КПО при различных типах погоды. На рисунке видно, что во время процессов 3-го и 4-го типов, средние, минимальные и максимальные значения КПО превышают ПДК. Имея прогноз погоды, с помощью графиков на рис 1, можно прогнозировать значения КПО для интервала времени 10 – 17 часов для района Делиси. С помощью графиков на рис.3, можно определить в условиях данной погоды средние, минимальные и максимальные значения КПО для территории Делиси.

Изменчивость концентрации приземного озона в Тбилиси (Делиси) в условиях различной погоды (для периода июль 2003 – ноябрь 2005 гг.)

№ погоды	Тип погоды	Изменчивость во времени среднего значения КПО										
		10	11	12	13	14	15	16	17	Ср	Мак	Мин
1	полностью или преимущественно безоблачное небо, штиль	8 (34)	11 (30)	11 (24)	14 (22)	17 (19)	18 (20)	20 (19)	10 (18)	14	20	8
2	полностью или преимущественно закрытое облаками небо, штиль	6 (38)	6 (42)	8 (54)	10 (49)	11 (40)	11 (34)	12 (42)	8 (41)	9	12	6
3	полностью или преимущественно безоблачное небо, северо-западный ветер	32 (11)	34 (19)	39 (21)	40 (25)	41 (21)	45 (24)	41 (20)	39 (23)	39	45	32
4	полностью или преимущественно закрытое облаками небо, северо-западный ветер	31 (21)	39 (23)	42 (24)	44 (31)	46 (32)	43 (34)	43 (38)	39 (39)	41	46	31
5	преимущественно или полностью безоблачное небо, юго-восточный ветер	8 (6)	13 (9)	19 (15)	20 (20)	23 (25)	24 (24)	22 (24)	21 (26)	19	24	8
6	преимущественно или полностью безоблачное небо, юго-восточный вете	12 (10)	12 (16)	15 (21)	14 (23)	18 (20)	22 (25)	19 (25)	18 (25)	16	22	12
7	дождь (обложной), дождь туман	8 (17)	8 (17)	9 (16)	9 (13)	9 (14)	14 (13)	11 (17)	8 (19)	10	14	8

## 2. Исследование изменчивости концентрации приземного озона при разных погодных условиях сравнительно загрязнённого района – Академгородка.

Согласно таблице 2, в течение дня в Академгородке, самое низкое значение КПО наблюдается во время погоды 2-го и 7-го типов, а самая высокая – во время погоды 1-го, 3-го и 5-го типов. Во время погоды первого типа, атмосфера Академгородка настолько загрязнена, что здесь идёт образование фотохимического озона. Во время погоды 2-го типа, уровень загрязнённости атмосферы высок, однако из-за облачности фотохимический озон не образуется, более того, это загрязнение вызывает расход озона, вынесенного диффузией из верхних слоёв атмосферы. Во время погоды 3-го типа, атмосфера чистая и перенесённый ветром озон не расходуется и наблюдается его высокая концентрация. Во время погоды 4-го типа облачность и высокая влажность вызывают расход перенесённого турбулентностью озона, вследствие чего наблюдается его низкая концентрация. Во время погоды 5-го типа озон переносится юго-восточным ветром из верхних слоёв и, кроме того, образуется при воздействии на загрязнённую атмосферу солнечной радиации. Благодаря обоим этим процессам во время погоды 5-го типа наблюдаются высокие значения КПО. Во время погоды 6-го типа озон, перенесённый турбулентностью, расходуется из-за высокой влажности воздуха, а пополнение его фотохимическими реакциями не происходит из-за недостатка солнечной радиации.

Во время погоды 7-го типа в атмосфере высокая влажность, которая вызывает расход озона, перенесённого из верхних слоёв, вследствие чего значения КПО низкие.

Таблица 2

Изменчивость концентрации приземного озона в Тбилиси (Академгородок) в условиях различной погоды (для периода июль 2003 – ноябрь 2005 гг.)

№ погоды	Тип погоды	Изменчивость во времени среднего значения КПО										
		10	11	12	13	14	15	16	17	Ср	Мак	Мин
1	полностью или преимущественно безоблачное небо, штиль	19 (58)	28 (90)	26 (95)	40 (86)	44 (79)	49 (74)	43 (70)	43 (51)	36	49	19
2	полностью или преимущественно закрытое облаками небо, штиль	7 (59)	11 (92)	9 (83)	19 (82)	22 (72)	23 (60)	18 (59)	16 (48)	16	23	7
3	полностью или преимущественно безоблачное небо, северо-западный ветер	34 (28)	39 (74)	42 (100)	46 (108)	49 (111)	50 (111)	49 (110)	47 (93)	44	50	34
4	полностью или преимущественно закрытое облаками небо, северо-западный ветер	19 (19)	26 (41)	31 (52)	35 (61)	39 (65)	38 (72)	38 (65)	34 (57)	32	39	19
5	преимущественно или полностью безоблачное небо, юго-восточный ветер	26 (15)	34 (34)	43 (47)	47 (59)	47 (65)	49 (67)	46 (70)	41 (67)	42	49	26
6	преимущественно или полностью безоблачное небо, юго-восточный ветер	16 (22)	21 (49)	29 (58)	31 (65)	33 (70)	34 (69)	35 (70)	30 (66)	29	35	16
7	дождь (обложной), дождь туман	4 (28)	8 (65)	9 (59)	10 (49)	10 (44)	12 (44)	11 (46)	9 (42)	9	12	4

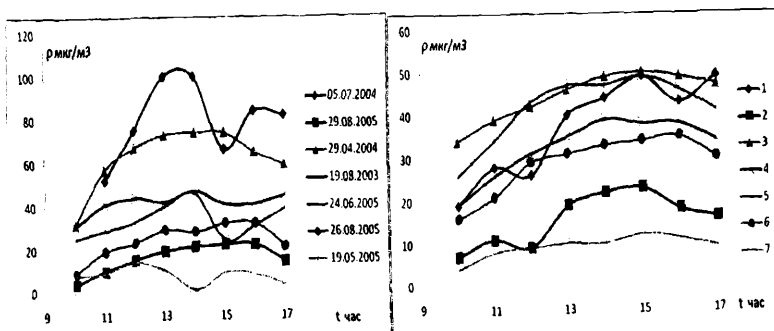


Рис.2. Изменчивость КПО в Академгородке в отдельные дни (слева) и средние значения при разных типах погоды (справа)

Изменчивость КПО в воздухе Академгородка для отдельных дней при различных типах погоды дана на рис. 2. Самая высокая концентрация озона наблюдалась во время погоды 1-го типа 5 июля 2004 года. В этот день атмосфера была очень загрязнённой (смоговая ситуация). Во время погоды 2-го типа, вследствие сильной загрязнённости атмосферы, происходит расход озона, перенесённого диффузией из верхних слоёв, вследствие чего значение КПО низкое. Во время погоды 3-го типа воздух Академгородка богат озоном, перенесённым турбулентностью (ветром), а расход его незначителен вследствие чистоты атмосферы. При погоде 4-го типа из верхних слоёв также переносится озон, однако он расходуется вследствие высокой влажности. Во время погоды 5-го типа КПО высокая, вследствие совместного действия турбулентного переноса и фотохимических реакций. При погоде 6-го типа образование озона вследствие облачности не происходит, а перенесённый турбулентностью расходуется вследствие высокой влажности и загрязнённости атмосферы. Во время погоды 7-го типа влажность воздуха высокая, поэтому КПО низкая.

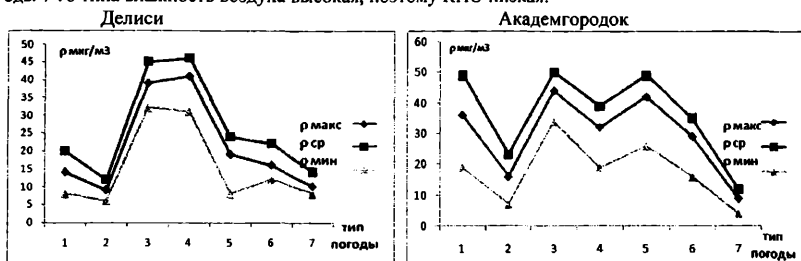


Рис.3. Значения КПО для разных типов погоды

На рис.2 дано графическое представление данных в таблице 2 дневной изменчивости средних значений КПО для территории Академгородка. На рис.3 представлены средние, максимальные и минимальные значения КПО для разных типов погоды. Зная прогноз погоды для г. Тбилиси, с помощью графиков на рис.3 для интервала времени 10 – 17 часов возможно предсказывать уровень КПО для территории Академгородка.

### 3. Особенности изменчивости концентрации приземного озона в условиях чистой (Делиси) и загрязнённой (Академгородок) атмосферы г. Тбилиси.

Сравнение изменчивости КПО в двух – экологически чистом и загрязнённом районах г.Тбилиси (табл. 1 и 2; рис. 1 - 6) показало особенности изменчивости КПО во взаимосвязи с чистой атмосферой. В частности, воздух в Делиси чище по сравнению с Академгородком, поэтому во время погоды 1-го типа, когда в Академгородке происходят фотохимические реакции образования смогового озона, в Делиси этот процесс не наблюдается, вследствие низкой концентрации в воздухе газов, необходимых для протекания фотохимических реакций. Во время второго типа КПО в Академгородке выше, чем в Делиси. Возможно в это время, из-за высокого уровня загрязнённости воздуха в Академгородке в солнечные интервалы дня происходит образование озона. Аналогичная картина должна иметь место и во время погоды 5-го и 6-го типов. Во время погоды 4-го типа КПО в Делиси более высокая. Во время этого процесса в обоих районах чистая атмосфера и смоговый озон не образуется, однако, ввиду того, что атмосфера в Академгородке значительно более загрязнена, чем в Делиси, перенесённый ветром озон там расходуется интенсивнее. Во время погоды 7-го типа, в обоих районах примерно одинаковые условия (высокая влажность), поэтому КПО в обоих районах примерно одинакова.

#### Заключение

Проведённые в экологически чистом (Делиси) и загрязнённом (Академгородок) районах измерения КПО показали, что ни в одном из перечисленных типов погоды смоговый озон в Делиси не образуется. Самая высокая концентрация приземного озона наблюдается во время северо-западного ветра (погоды типов 3 и 4), а самая низкая - во время погоды 7-го типа. В Академгородке самая высокая концентрация озона наблюдается во время погоды 1-го и 5-го типов, когда имеет место образование смогового (при фотохимических реакциях) озона. В Академгородке высокая

концентрация озона наблюдается также во время северо-западного ветра (погоды 3-го и 4-го типов), а низкая концентрация - во время погоды 7-го типа.

Проведённые исследования показали, что если будет известен прогноз погоды для Тбилиси, мы сможем предсказывать значения концентрации приземного озона для рассмотренных районов города, что имеет большое значение для здоровья населения г. Тбилиси, т.к. и избыток и недостаток озона вреден для биосферы.

### Литერатура

1. Борисов В.В., Ивлев Л.С., Сирота В.Г., Временные вариации концентрации озона в приземном слое атмосферы. – Всесоюзный симпозиум по атмосферному озону: Тез. докл., - Л., 15-17 мая 1985, с. 44-45.
2. Бритаев А.С., Фарапанова Г.П. Концентрации озона в городе и его окрестностях. – II Всесоюзный симпозиум по современным проблемам атмосферного озона: Тез. Докл., - Руиспири, 17-21 октября 1978, с. 11
3. Харчилава Дж.Ф. Об изменениях содержания озона в приземном слое Тбилиси в связи с некоторыми метеорологическими процессами. – I Республиканская научно-техническая конференция в области охраны окружающей среды: Тез. докл., - Тбилиси, 2-4 июня, 1983, с. 28
4. Харчилава Дж.Ф., Карцивадзе А.И., Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г., Джинчарадзе А.Х., Мухраели И.А., Цицкишвили М.С. О некоторых причинах возмущения плотности приземного озона в городской и сельской местности. – Всесоюзный симпозиум по атмосферному озону: Тез. докл., -Л., 15-17 мая, 1985, с. 42
5. Cvitas V.T. Photochemical ozone concentrations in lower atmosphere of Zagreb with meteorological variables. St.- Reinhalt-Luft, 1979, vol. 39, № 3, p.92-95.
6. Elichegara Christian Problemes lies a l ozone tropospherique effect de serre pluies acides etc-Pollutatmos. 1990, 32 No.128, p. 427-430.
7. Janach Walter E. Surface ozone trand details seasonal variation and interpretation. J. Geophys. Res. D. 1989-94 No.128, p. 427-430.
8. Kley Diter. Ozon als klimafaktor. – AGF Forschungsten Fusion. 1989. No.2, p.8-9.
9. Mukammal E.J., Neumann H.H., Gillespie T.J. Meteorological conditions associated with ozone in south-western Ontario, Canada. – Atmos. Environ., 1982, 16, No. 9, p.2095-2106.
10. Warmbt W. Luftchemische Untersuchungen des bodennahen ozons 1952-1961, Akademie-verlag, Berlin, a,v,x, N 72, s. 92.

თბილისის ორ ეკოლოგიურად სუფთა და გაზუფუციანებულ გარემოში  
მიწისპირა პარკში ოზონის კონცენტრაციის ცვალებადობის გამოკვლევა  
სხვადასხვა ამინდის პირობებში

ხარჩილავა ჯ.

რეზიუმე

თბილისის ორ ეკოლოგიურად სუფთა (დეღისი) და გაზუფუციანებულ (აკადემიქალაქი) უბანში გამოკვლეულია მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის (მოკ) ცვალებადობის ხასიათი სხვადასხვა ტიპის ამინდის პირობებში. დადგენილ იქნა, რომ თუ ცნობილი იქნება ამინდის პროგნოზი თბილისისათვის, მაშინ შეიძლება ვიწინასწარმეტყველოთ მოკ-ის სიდიდე ქალაქის განხილულ უბნებში. მას კი დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, რამდენადაც პარკში ოზონის სიჭარბე ან დეფიციტი მანება ბიოსფეროსა და გარემოსთვის.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА  
ПРИ РАЗНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ В ДВУХ РАЗЛИЧНЫХ – ЭКОЛОГИЧЕСКИ  
ЧИСТОЙ И ЗАГРЯЗНЁННОЙ ТОЧКАХ Г. ТБИЛИСИ**

**Харчилава Дж.Ф.**

**Абстракт**

В двух районах г. Тбилиси - экологически чистом (Делиси) и загрязнённом (Академгородок) исследована изменчивость концентрации приземного озона (КПО) в условиях различных типов погоды. Установлено, что если известен прогноз погоды для Тбилиси, то можно предсказать величину КПО для указанных районов. Это имеет большое практическое значение, т.к. и избыток и недостаток озона вреден для биосферы и окружающей среды.

**INVESTIGATION OF CHANGING SURFACE OZONE CONCENTRATION UNDER  
DIFFERENT WEATHER CONDITIONS IN TWO DIFFERENT - ECOLOGICAL PURE AND  
POLLUTED POINTS IN TBILISI.**

**Kharchilava J.**

**Abstarct**

In two districts in Tbilisi – ecological pure (Delisi) and polluted (Akademgorodok) changing of surface ozone concentration under different weather conditions has been investigated. It was established, if weather forecast is known for Tbilisi it's possible to predict SOC value for indicated districts. It's important, as so redundancy and deficiency in ozone is unhealthy for biosphere and environment.