

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

**Министерство на околната среда и водите
Изпълнителна агенция за околна среда**

**Извършване на изследвания
на озоновия слой
(стратосферен озон)
над територията на
Р. България**

**Изпълнител: Геофизичен Институт – БАН
Ръководител : ст.н.с. д-р Николай Милошев**

СЪДЪРЖАНИЕ

<u>Увод</u>	02
<u>Измерване на озона в атмосферата</u>	04
<u>Преглед на резултатите от предходни измервания на общото съдържание на озон в НИМХ – БАН</u>	08
<u>Измерване Тоталното Съдържание на Озон (ТСО) над България 2008-2009г.</u>	14
Апаратура и организация на измерванията	14
Контрол на точността на измерванията	17
<u>Озоновият слой над България и съседните страни през последното десетилетие по спътникови данни</u>	21
Състояние на озоновия слой над България	21
Състояние на озоновия слой над страните от Югоизточна Европа	27
<u>Анализ на резултатите от измерванията на тоталното съдържание на озон над София през 2008- 2009 г.</u>	30
Общи резултати от измерванията	30
Допълнителна статистическа обработка на информацията	33
<u>Предложения за бъдещо развитие</u>	43
<u>Заклучение</u>	44

<u>Приложение 1</u>	47
<u>Приложение 2</u>	53
<u>Увод</u>	

В началото на седемдесетте години на миналия век, озонът от газ с незначителни количества в атмосферата, обект на изследване само от малка група учени, се превърна в проблем, придобил глобално значение за планетата Земя. Причината за тази бързо натрупана известност е факта, който тези учени разкриха, а именно че той, озонът, е сериозно атакуван от антропогенната човешка дейност. За по-малко от 15 години от този начален момент, редицата научни проучвания и оценки убедиха световната общественост в необходимостта от изготвяне на обща световна конвенция за защита на озоновия слой. Тя бе подписана през 1985г. и е известна с името “Виенска конвенция за защита на озоновия слой”. Подписаният две години по-късно в Монреал Протокол, както и неговите последващи изменения и допълнения, определят насоките и начините за опазване на озоновия слой над планетата. България е ратифицирала Конвенцията и Протокола през 1989г. и става страна по тях от 1991г. През 1998г. бяха ратифицирани Лондонските и Копенхагенските изменения, през 1999г. – Монреалските изменения, а през 2002г. – Пекинските изменения към Протокола.

Какво представлява атмосферният озон?

Както е известно, молекулата на озона се състои от три атома кислород. Озонът е един нестабилен, бледо-синкав газ с характерна свежа проникваща миризма. Втечнява се при -112°C и се втвърдява при -251.4°C . По-активен е от кислорода и един път и половина по-гъст и по-разтворим във вода. Той е и по-активен окислител, нанасящ поражения на много органични компоненти. Произвежда се в резултат на многобройни химични реакции. Озонът се използва комерсиално като избелващо средство срещу бои от растителен произход, мазнини и други органични съставки и за прочистване на вода и въздух. Понякога е забележим в областта на околността на електрическите машини и под силна ултравиолетова светлина. Разпознава се по неговата характерна миризма.

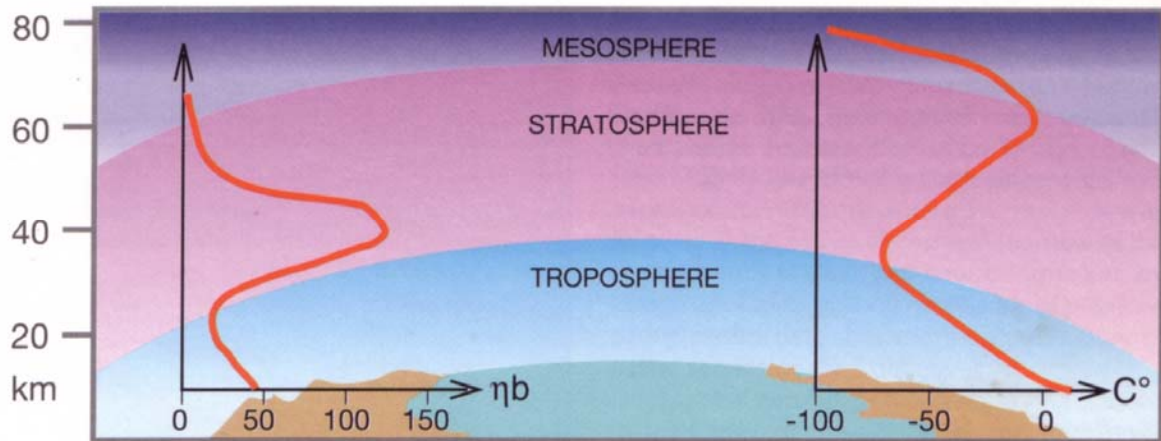
Атмосферният въздух се състои основно от азот - 78% и кислород – 21%. Озонът е един от многото газове с незначително количество, съставляващи общо около 1% от обема на въздуха. Наистина от 10 милиона молекули на въздуха само 3 са озон. В процентно отношение озонът представлява едва 10^{-6} % от атмосферния въздух. Ако цялото количество озон в атмосферата се постави на земната повърхност, ще се получи слой дебел само около 3mm.

Макар в толкова малко количество, озонът е от жизненоважно значение за живота на нашата Планета. Той абсорбира почти напълно изключително вредните, на практика смъртоносни, ултравиолетови лъчи на Слънцето с дължина на вълната под 320nm, предпазвайки по този начин всички живи организми на Земята. Изпълнявайки тези си функции озонът в значителна степен определя и температурната структура на атмосферата в слоя 10-50km., където, както се вижда от фиг.1 температурата нараства с височината. Профилът на съдържанието на озон във височина в атмосферата, също показва, че основната част (около 90%) от озона е разположен в слоя 19-23km. в частта от атмосферата, наречена “стратосфера” – фиг.1. Затова и тази основна част от съдържанието на озон в атмосферата е известна с името “стратосферен озон” или още “добрия озон”, предвид изключително полезното му действие, за разлика от приземния, т.н. “тропосферен озон” или “лош озон” в близост до земната повърхност. Тоталното (общото) съдържание на озон в атмосферен стълб над дадено място е разбира се променлива величина, основно зависеща от атмосферната динамика. Именно то – тоталното (общото) съдържание на озон, ще бъде обект на измерване и изследване в настоящия проект. По него ние ще съдим за състоянието на “озоновия слой” над територията на Република България.

Исторически това съединение е открито в атмосферата от химика Schonbein през 1839г. Името му произлиза от гръцка дума за “миризма”, подчертавайки една от характерните му особености, когато е в по-голяма концентрация. През 1881 г. Hartley е демонстрирал съществуването на озон в атмосферата и е обяснил, че липсващата ултравиолетова ивица от слънчевия спектър върху земната повърхност се дължи именно на поглъщането и от атмосферния озон. Той е показал, че въздухът в по-ниската част на

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

стратосферата (15-30км.) съдържа повече озон, отколкото въздуха близо до земната повърхност.



Фиг. 1 – Профили на съдържанието на озон и температурата с височината в атмосферата.

Именно на тази височина е и основното производство на озон, в резултат на процеса “фотолиза”. Под действието на слънчевата радиация част от молекулите на кислорода се разграждат до атоми, които обединявайки се с молекули кислород, образуват озона. В природни условия разрушаването на озона става в резултат на серия от каталитични реакции, включващи кислород, азот, хлор, бром, водород и др. Всички тези газове присъстват в стратосферния въздух. Според така описания механизъм, би следвало максималните количества озон да се регистрират през лятото (юни) а минималните – през зимата (декември). Както ще видим по-нататък, в действителност максимумът на нашите географски ширини е през пролетта – март-април, а минимумът през есента – октомври-ноември. Причина за това е глобалната атмосферна динамика, която преразпределя количествата озон в атмосферата на Земята.

През втората половина на 20 век антропогенната човешка дейност разруши крехкия баланс между процесите на производство и разрушаване на озон в стратосферата. Именно това доведе до драстичното изтъняване на озоновия слой над определени райони на земната повърхност и направи популярен термина “озонова дупка” над Южния полюс.

Измерване на озона в атмосферата

През 1921г. Fabry and Buisson, а малко по-късно и Dobson and Harrison (1925), са развили техниката за измерване на атмосферния озон. Чрез реализиране на една измервателна програма (1925-1929) Dobson е демонстрирал географските и сезонните вариации на тоталното количество озон. Установени са били три важни мащабни черти на озоновите вариации:

1. Сезонен ход, състоящ се от един максимум на тоталното количество озон през пролетните месеци и един минимум през есента.
2. Неравномерност на дневните вариации около средно-месечна. Dobson е установил, че съществува близка връзка между промяната на времето и дневните вариации на озона.
3. Увеличаване на тоталното съдържание на озон с увеличаване на географската ширина върху един много широк географски обхват, от Нова Зеландия (44°S) до Шпицберген (78°N), с минимум в екваториалната област.

Създаденият от Dobson прибор и до днес е повратна точка във възможностите на човечеството да изследва количествата озон в атмосферата. През 50-те години в бившия СССР бяха създадени т.н. филтърни озонметри, а по-късно в Канада т.н. спектрофотометри, които и до днес са гръбнакът на глобалната световна система за наблюдение на озона. В по-късните години се появиха и опростени и умалени по размер фотометри, какъвто е приборът "Microtops II", използван в настоящите измервания, които по ограничен брой линии от слънчевия спектър дават с добра точност информация за тоталното съдържание на озон в земната атмосфера. В последните 15 години наземните измервания на дебелината на озоновия слой се допълват и с резултати от дистанционни измервания от сателити. Тази тенденция от година в година, с усъвършенстването на сателитната техника, се засилва и както ще видим по-надолу в настоящото изложение, тя изключително много допринася за по-пълното и по-точно изследване на озоновия слой.

Тоталното съдържание на озон се дефинира като съдържанието на озон във вертикален стълб с основа 1cm^2 при стандартни налягане и температура. Тогава в единици на налягане този стълб ще бъде около 0.3 атмосферни сантиметра. В случая на измерване на озон в атмосферата величината мили атмосферен сантиметър (10^{-3}cm.) е прието да се нарича Добсънова единица

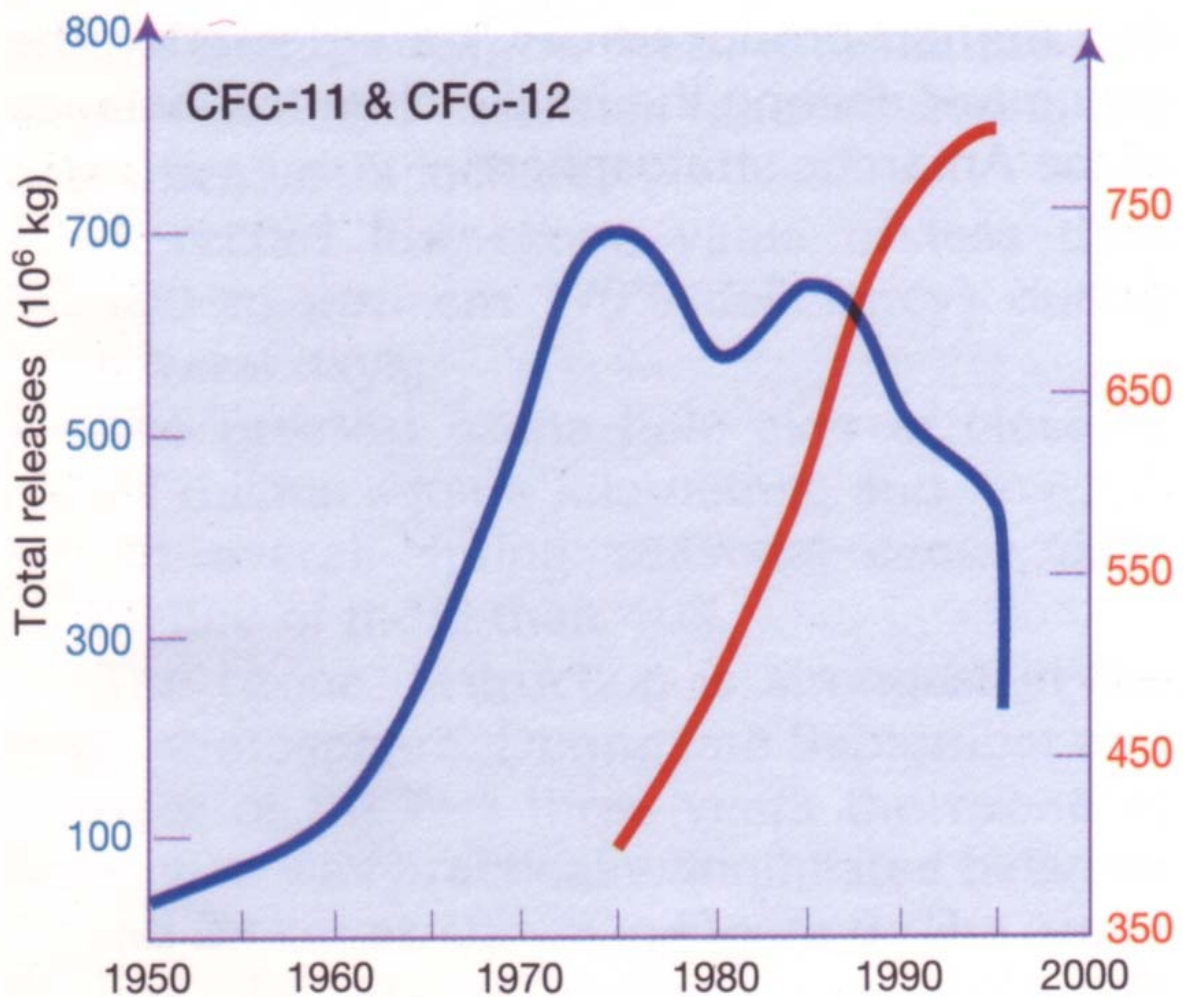
(DU). Тя кореспондира приблизително на обемна концентрация 1ppbv (part per billion volume) озон. Средната стойност за планетата ни е около 300DU и варира според географските координати от около 230 до около 500 DU.

Наблюденията през последните 40 години еднозначно показват, че през последните десетилетия в атмосферата се случват едни от най-неблагоприятните за човека и екосистемите промени в съдържанието на озон. От една страна, нараства съдържанието на тропосферен озон (в приземния слой). Концентрациите му сега са двойно по-високи в сравнение с предииндустриалния период, което води до редица доказано вредни въздействия на озоновите молекули върху човешкото здраве, селскостопанските култури и състоянието на горските системи. От друга страна, намалява стратосферният озон, с което се повишава количеството на проникващата до земната повърхност опасна слънчева ултравиолетова радиация, имаща също категорично доказано отрицателно биологично въздействие. Във връзка с темата на разработвания проект, тук ние ще концентрираме вниманието си върху изследване на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България чрез измерване на тоталното съдържание на озон (TCO) в земната атмосфера.

До началото на 70-те години на миналия век, никой не е предполагал, колко много човешката дейност може да повлияе върху изчерпването на озоновия слой. Johnston, през 1971г., открива вредното влияние върху озона на следите от свръхзвукови самолети. Само три години по-късно Rowland and Molina показват, че широкото използване на инертните химикали, известни като хлорофлуорокарбони съществено допринася за изтъняване на озоновия слой. Механизмът на действието им е относително прост. Те абсорбират слънчева енергия и в резултат на реакции освобождават свободен хлор, който взаимодейства с озона разрушавайки го. По подобен начин и бромът от т.н. халони, използвани в пожарогасителите, допринася за изчерпването на стратосферния озон. Още по-страшното се корени във факта, че тези съединения са с много дълъг живот – повече от един век. Казано с други думи количества от тези газове, изхвърлени в атмосферата през средата на миналия век, са активни и днес носещи тонове хлорни и бромни атоми в атмосферата.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

Следващата графика нагледно показва концентрацията на хлорофлуорокарбони, изхвърлени в атмосферата през годините от 1950 до 2000г. – синята линия. Вижда се, че след 2000г., в резултат на мерките, предприети в съгласие с Монреалския протокол, тя е близка до нула. В същото време атмосферната концентрация на тези вещества продължава да расте – червената линия, показвайки дългото време на живот на тези съединения.



Фиг.2 – количества CFC-11 и CFC-12 изхвърлени в атмосферата в периода 1950-1995г. – синя линия и натрупване на тяхната концентрация в атмосферата в периода 1975-1995г. – червена линия.

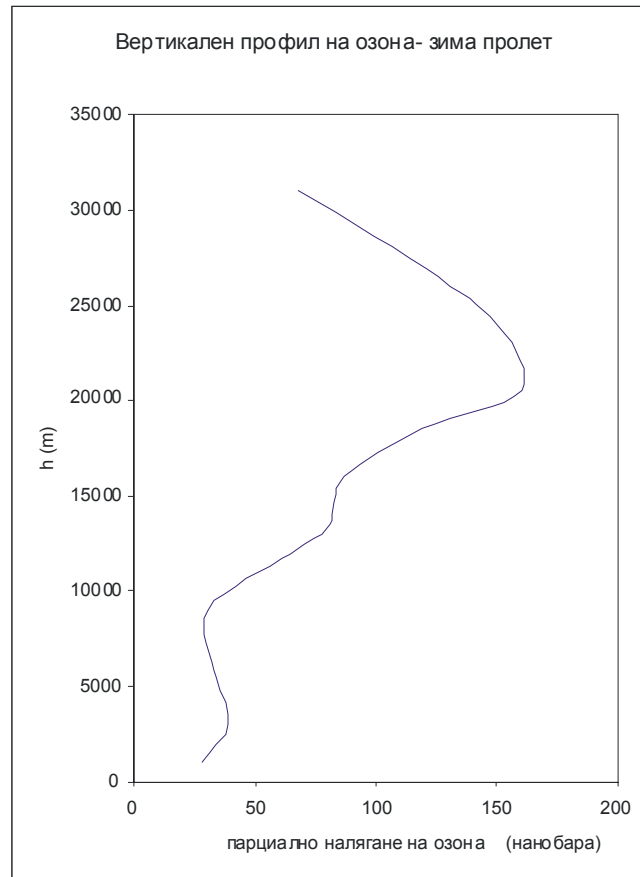
Тази фигура нагледно показва, че през следващите 10-15 години, въпреки взетите мерки в световен мащаб, озоновият слой все още ще бъде критично изтънял. Едва след това се очаква постепенното му възстановяване, което ще

продължи поне до средата на 21 век. Тук може би е мястото да отбележим участието на Р.България в този процес. През 1989г., при ратифицирането от България на Протокола и Конвенцията, консумацията на озон разрушаващи вещества в страната е била 3066,0 тона, изразени в озоноразрушаващ потенциал. През 2005г., консумацията е вече едва 15,6 тона, т.е. потреблението е намалено с над 99%. Тези цифри ясно показват съпричастността на България към този проблем и желанието за активно участие в минимизиране на последствията от него.

Преглед на резултатите от предходни измервания на общото съдържание на озон в НИМХ - БАН

С цел контрол изменението на дебелината на озоновия слой в много страни се извършват постоянни (ежедневни) и кампанийни (временни) наблюдения на нивата на стратосферния озон. За България първите измервания на общото количество на озон в атмосферата (тоталното съдържание на озон) са направени в периода 1964-1967 г. от проф. д-р Р. Д. Божков в сътрудничество с немски специалисти с помощта на Dobson спектрофотометър # 64. В периода 1989-2001 в Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ) при БАН, тотален озон се измерва ежеседмично с руски филтър озонометри М-124, калибрирани в Геофизическата обсерватория в Санкт Петербург. Поради моралното остаряване на апаратурата и невъзможността да се закупи нова, през последните години наблюдения на тотален озон в България не са правени. В периода 1983-1992 година у нас кампанийно са провеждани балонни измервания на профила на озона във височина. За тази цел са използвани озонови сонди OSE, произвеждани от бившата Германска Демократична Република. Усреднените резултати от измерванията в този период за сезона зима-пролет са представени на фиг.3 по-долу, като под парциалното налягане на озона се разбира налягането на озона, което той оказва в общото атмосферно налягане.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

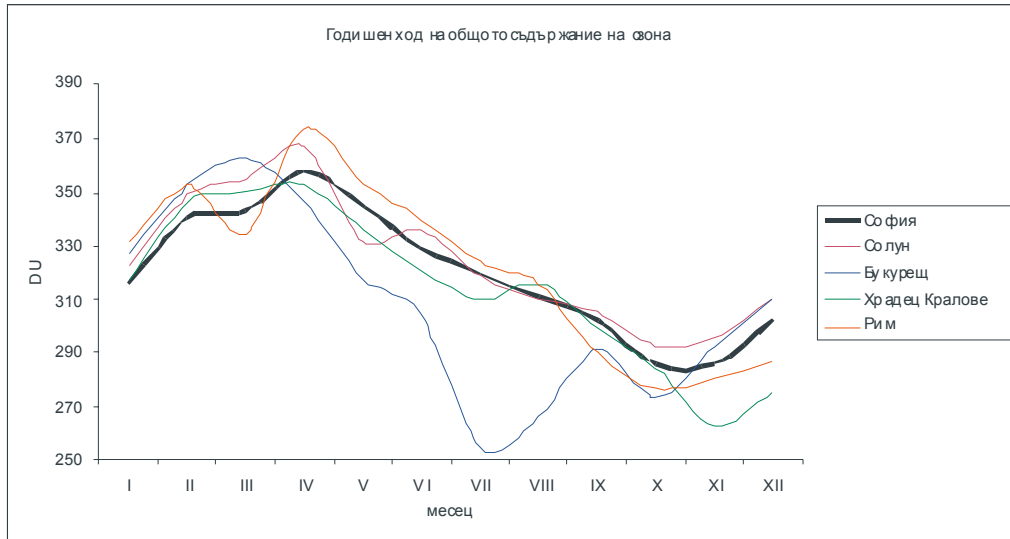


Фиг. 3. Вертикален профил на стратосферния озон.

Вижда се, че във височинния интервал 17-28 км парциалното налягане на озона е най-високо. Тази графика почти напълно съвпада с графиките от подобни измервания в други страни, както и с примерната от фиг.1. Тя показва, че основното количество стратосферен озон над територията на Р.България е концентрирано в слоя 17-28км.

На следващата Фиг. 4 е даден усредненият по месеци годишен ход на стойностите на общото съдържание на озона за София на базата на измерванията в НИМХ в периода 1989-2001г. За сравнение за същия период са дадени подобните усреднени годишни графики от измерванията в Солун, Букурещ, Храдец Кралове (Чехия) и Рим.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България



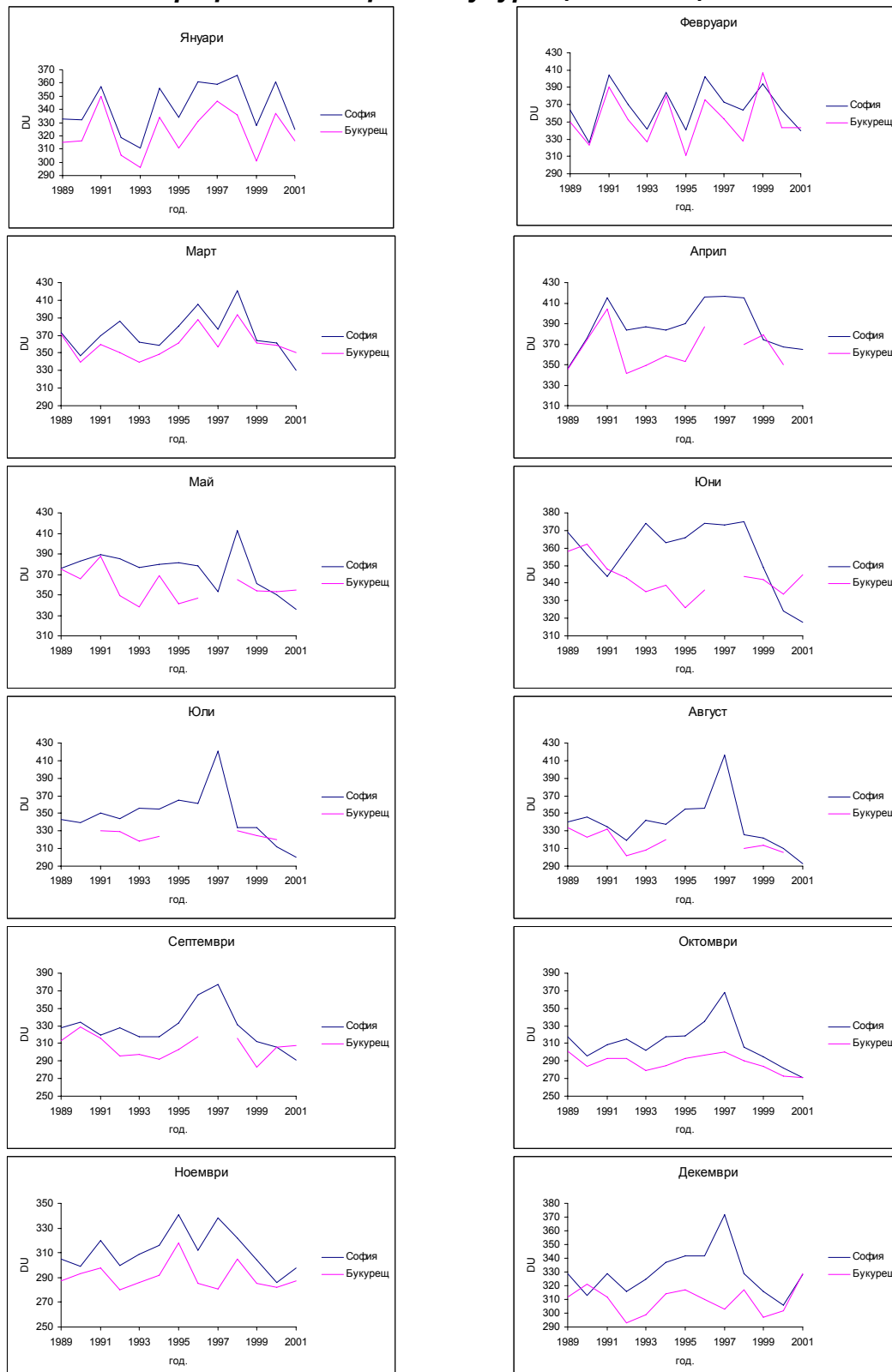
Фиг. 4. Сезонен ход на тоталния озон за периода 1989- 2001 по наземни измервания.

За целия период формата на средния годишния ход за София е близка до тези на Солун и Храдец Кралове. Годишният ход за Рим има по-високи стойности от тези за София, особено през месеците от април до август и по-ниски в периода септември-декември. През останалите месеци те са подобни на Софийските. Изключение прави Букурещкият профил, където очевидно има или апаратурна грешка на място, или грешка при усредняването по месеци. Този проблем ще коментираме малко по-долу в светлината на фиг.5 и 6. Очевидно месечните промени в годишния ход следват сезонните зависимости и зависимостта от географските ширини, както и известни локални влияния.

По-подробно усреднено по месеци паралелните измервания са предоставени от НИМХ на следващите фиг.5 и фиг.6 както следва:

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

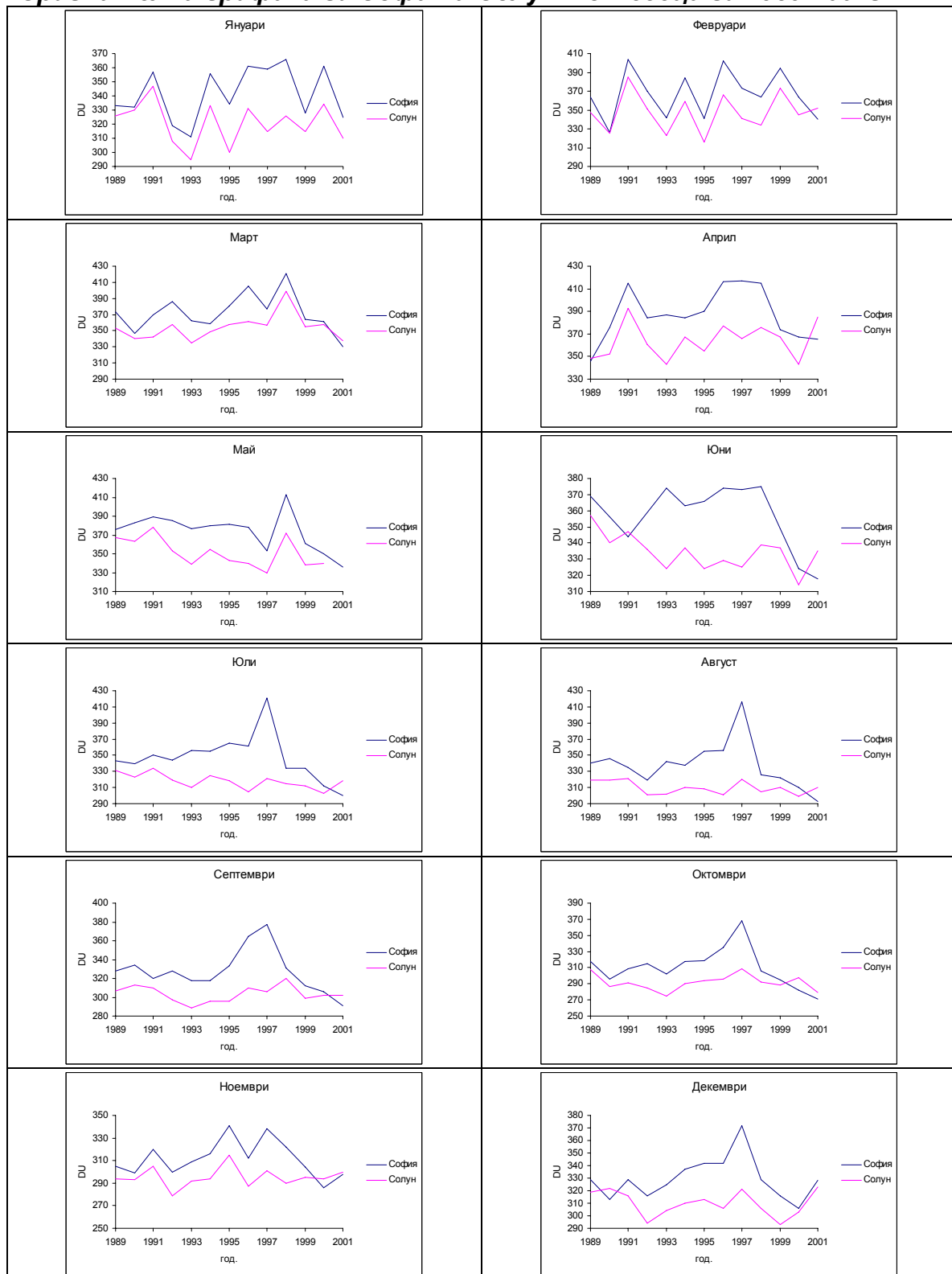
Сравнителни графики за София и Букурещ по месеци за 1989-2001г.



Фиг. 5. Ход на средномесечните стойности на тоталния озон за София и Букурещ.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

Сравнителни графики за София и Солун по месеци за 1989-2001г.



Фиг. 6. Ход на средномесечните стойности на тоталния озон за София и Солун.

Резултатите, както се вижда от графиките, са доста противоречиви и според нас се нуждаят от по-обстояен и допълнителен коментар.

- И на двете фиг. 5 и 6 стойностите, измерени в София са по-високи от тези в Солун и Букурещ. Следвайки общите зависимости от географската ширина, би трябвало за Солун те да са по-ниски, а за Букурещ по-високи. В същото време, ако сравним стойностите само за Солун и Букурещ се оказва, че тази обща зависимост е спазена – стойностите в Солун са по-ниски от тези в Букурещ. Следователно най-вероятно се касае до систематична апаратурна грешка още при тарировката на прибора М-124, водеща до получаване на систематично завишени резултати при измерванията. Действително, един по-внимателен поглед в сравнителната графика със Солун, показва отклонения на измерванията в двете локации от порядъка на до 50 DU, което при общо годишна средна стойност малко над 300 DU, означава разлика от над 15% в средномесечната стойност – резултат, който трудно би могъл да се приеме за екзактен.
- Да се върнем на фиг.4 – тук наблюдаваме едно значително понижение на стойностите в Букурещ в периода от април до септември. От фиг.5 веднага се вижда, че именно за тези месеци липсват данни за Букурещ, както следва: за 1997г. – през април, май, юни и септември., за 1995, 1996 и 1997 – през юли и август. От фиг.4, се вижда, че най-драстично отклонение на стойностите за Букурещ имаме точно за юли и август, т.е. очевидно при усредняването липсващите стойности са замествани с 0.0, а не със съответна средна стойност (например от прилежащите две съседни години). Това именно е довело до компрометираната графика за Букурещ за целия 12 годишен период.
- От измерванията на тоталното количество озон в София с прибора М-124 следва, че средно месечното общо съдържание на озон се променя от година в година в периода 1989-2001г., достигайки 5-10% през зимните месеци и 2-4% през летните. Тези различия могат да бъдат както в посока увеличаване, така и в посока намаляване. Това заключение е резултат от сравнителни измервания с един и същ прибор, поради което почти сигурно можем да приемем за вярно и ще проследим в нашите измервания и оценки по-нататък.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

Изложените дотук резултати, базирани на данните от епизодични и кампанийни измервания на дебелината на озоновия слой над територията на Република България, показват, че в резултат на най-вероятно неточно тарирани прибори, както и на липса на процедури по осигуряване и контрол на качеството, е възможно значителна част от събраната информация да е неточна и не представителна. Изключение правят качествени сравнения на данни от един и същ прибор, показващи съответни тенденции към нарастване или намаляване на средни стойности, които могат да се приемат за достоверни.

Направените тук заключения относно качеството на събраните наземни данни за дебелината на озоновия слой над територията на Р.България от предходни години, определят и ограничените възможности за тяхното използване при получаване на една по-пълна, ясна и точна картина за изменението на слоя стратосферен озон над територията на страната. За наше щастие изход от тази ситуация може да бъде намерен, като се обърнем към информацията, събирана дистанционно от сателити, разбира се след съответна корекция.

Нека сега първо по-подробно проследим процедурите по измерванията на озоновия слой през 2008-2009г. в рамките на този проект.

Измерване Тоталното Съдържание на Озон (ТСО) над България 2008-2009г.

Апаратура и организация на измерванията

Измерванията са проведени със слънчевия фотометър Microtops II, производство на Solar Light Company, USA, 2006г., <http://www.solarlight.com>.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България



Фиг.7. Фотография на прибора Microtops II.

Приборът е 5-канален слънчев фотометър с тесни лентови филтри за пет дължини на вълната в областта на ултравиолетовата част от спектъра на Слънцето. Отчитането на потока слънчева радиация на повърхността на Земята на три от дължините на вълната - 300, 305 и 312 nm позволява да се определи тоталното съдържание на озон в атмосферата при зададени географски координати на мястото на измерване, универсално време (по Гринуич) и като се използват данните от вградения измервател на атмосферното налягане. Специалната електроника с ниско ниво на шума и вграден 20-битов аналогово-цифров преобразувател с висока линейност и динамичен диапазон осигуряват висока точност на измерванията. В прибора е вграден оригинален компенсиращ алгоритъм за коригиране на стойността, получена от отношенията на отделните канали. Резултатите се получават напълно автоматично от вградения в прибора микрокомпютър. Единствената ръчна операция при измерването е насочването на датчиците на прибора към Слънцето, за която цел в прибора е предвидена оптическа система за насочване. Резултатите се представят в стандартните за цял свят Добсънови единици DU. Точността на прибора, дадена от производителя е 1-2%.

Измерванията на тоталното съдържание на озон са правени в района на сградата на Геофизичен институт, в някои случаи и в други точки на гр. София, но на разстояние не повече от 10 км., което е несъществено и не влияе на точността на измерванията.

Вграденият в прибора софтуер осигурява необходимите корекции на измерванията, наложени от влиянието на зенитния ъгъл на Слънцето и надморската височина. Но преизчислението на наклонения озонов стълб към вертикален е най-точно при минимални зенитни ъгли, поради което, по възможност измерванията са правени в часовете, близки до местното пладне. Всяко измерване е повтаряно най-малко два пъти в рамките на 5-10 мин, а при възможност са правени измервания и в други часове на денонощието. Дневната стойност е средната от всички измервания, не по-малко от две. Всички измервания са правени при условие, че Слънцето не е засенчено от облаци. В краен случай е допускано наличие на прозрачни перести облаци.

В приложения графичен материал общото съдържание на озон (тотално съдържание на озон, (TCO)) е представено също в Добсънови единици (DU).

Под Добсънова единица, нека припомним още веднъж, се разбира озоновия слой, който би бил с 10 микрометра дебелина при стандартна температура и налягане. Т.е. 300 DU озон означава, че на повърхността на Земята при 0° С това количество озон би заело едва 3 мм дебелина.

Всички измервания, направени през 2008- 2009 г., са представени таблично в Приложение 1, а пресметнатите среднодневни стойности - в Приложение 2.

Контрол на точността на измерванията

1. Контрол на самите измервания в рамките на денонощието

Тъй като концентрацията на озон не е силно динамично променяща се величина, известно е, че стойностите на тоталното съдържание на озон са сравнително устойчиви в зависимост от часовото време на деня. Независимо от това бяха проведени изследвания, които да установят наличие на денонощен ход или вариации на стойностите на тоталния озон в течение на едно денонощие. Бяха направени два типа експерименти:

- експеримент на 01.08.2008 по време на частичното слънчево затъмнение, при напълно ясно небе, който даде следните резултати:

УТ	Тотален озон (DU)
09:19:45	286.9
09:26:08	282.9
09:31:09	291.3
09:35:46	284.9
09:41:39	285.7
09:46:57	276.6
09:50:40	284.0
09:56:26	287.4
10:00:21	287.2
10:08:23	284.7
10:11:37	287.0
10:15:26	285.6
10:21:08	289.8
10:25:35	286.2
10:30:57	285.4

Средната стойност на тоталния озон е 275.7 DU, стандартното отклонение - 3.29 DU (около 1.2%) – напълно в границите на грешката на прибора.

Заклучение: Не се наблюдава нито влияние на частичното слънчево затъмнение, нито на часовото време.

- Измервания с допълнителен прибор – втори слънчев фотометър MicrotopsII, с оглед освен влиянието на часа от денонощието, да се оцени и евентуално некачествена работа на основния прибор. Възможност за това сравнение ние получихме през средата на месец април, 2009г., когато ни бяха доставени два допълнително закупени прибора, предназначени за бъдещо създаване на мрежа от три прибора на територията на страната за измерване на тоталното съдържание на озон. В таблицата са представени средните стойности за някои други денонощия, стандартното отклонение и броя измервания. Както вече пояснихме тези измервания са правени с отделен прибор Microtops II.

Дата	Средна Стойност (DU)	Стандартно Отклонение (DU)	Брой измервания
11.4.2009	354.85	1.42	4
16.4.2009	371.46	2.19	5
17.4.2009	338.81	2.65	10
18.4.2009	345.73	4.19	4
24.4.2009	359.72	5.17	6
08.5.2009	353.46	2.74	10

Стойности на стандартното отклонение до 5 DU могат да се считат за типични за болшинството денонощия. Те са от порядъка на регламентираната от производителя грешка, която е до 2 %. В някои отделни случаи се получават стойности на стандартното отклонение до 20 DU. В тези случаи обаче, винаги има съмнения за влияние на прозрачна облачна покривка. В болшинството случаи, над 90%, вариациите на показанията на прибора в различни часове от денонощието са в границите на грешката на прибора. Възприетото усредняване на няколко измервания в денонощието свежда точността на среднодневната стойност до точността на прибора.

2. Допълнителен контрол на точността на измерванията посредством сравнение с дистанционни спътникови данни

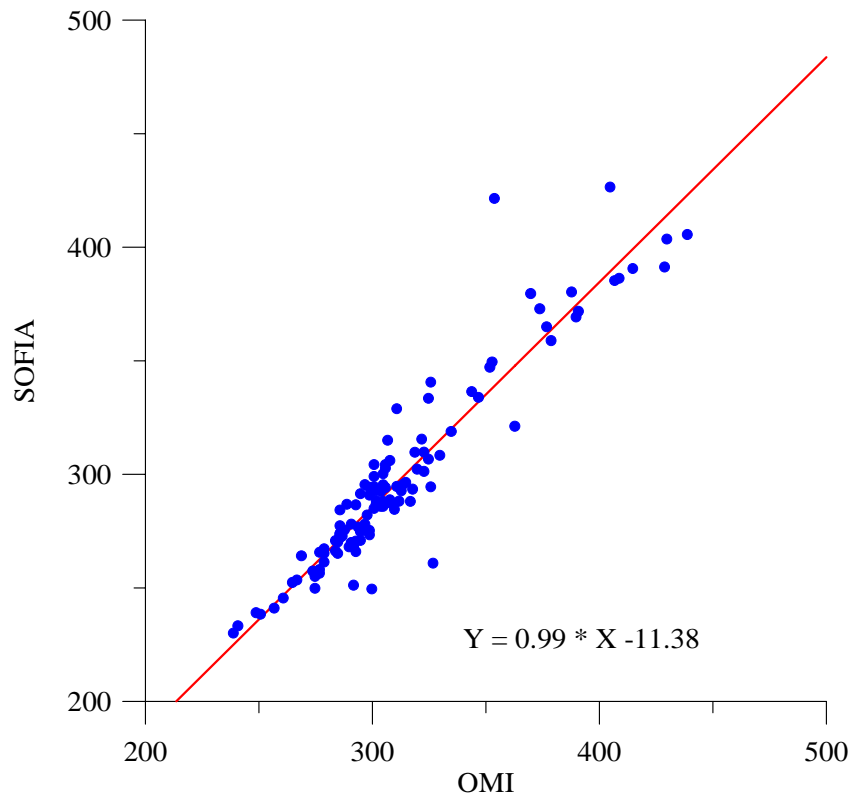
В допълнение към по-точните и препоръчвани в литературата наземни измервания на тоталното съдържание на озон в атмосферата, в последните години този атмосферен параметър се следи и с дистанционни, спътникови средства. Методът на измерване на тоталния озон се базира на отражението на слънчевата радиация от облачната покривка при условия, близки до местното пладне и по тази причина се счита, че има по-ниска точност в сравнение с наземните измервания. Независимо от това тези данни за нас са изключително ценен източник на допълнителна информация. Те:

- осигуряват възможност за допълнителен контрол на точността на наземните измервания;
- в облачни дни са единствен източник на данни за дебелината на озоновия слой;
- спътниковата база данни от предишни години след подходяща статистическа обработка може да се използва като репрезентативен източник на информация за тоталното съдържание на озон в атмосферата през изминалите, пропуснати за наблюдение от нас години.

По-надолу подробно ще разкрием всяка от тези три изключително полезни страни на спътниковите данни.

За допълнителен контрол на точността на измерванията в периода 2008-2009г. са използвани спътникови данни от Ozone Monitoring Instrument (OMI), които са достъпни на Интернет адрес <http://toms.gsfc.nasa.gov/>. Данните се предлагат в мрежа със стъпка от един географски градус по географска ширина и дължина, със закъснение във времето два дни. Тези, които се отнасят за територията на България са от 42 до 44°N и от 23 до 28°E. На Фиг. 8 е показана зависимостта между стойностите, получени от нашите наземни измервания и съответните стойности от OMI за периода от септември 2008 до юни 2009.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България



Фиг. 8. Зависимост между стойностите на тоталния озон, получени от наземните измервания в София и съответните дистанционни спътникови данни на OMI.

Линейната регресия между двата вида независими измервания е получена по метода на най-малките квадрати и както се вижда и от графиката, има вида:

$$(1) \quad I_{\text{наз.}} = 0.99 I_{\text{дист.}} - 11.38$$

Тя показва наличие на систематично отклонение от 11.38 DU. Сравнено със средната стойност на тоталния озон (около 300 DU), то възлиза на около 4%, т.е точността изобщо не е лоша, даже напротив само два пъти по-лоша е от точността на самия прибор за наземни измервания (до 2%). В същото време линейният коефициент на регресията е практически единица – 0.99. Всичко това ни дава основание категорично да заключим, че двата типа измервания, наземните – с използвания прибор Microtops II, и дистанционните – от спътника OMI имат достатъчно добро съвпадение. Осигуряването на два комплекта напълно независимо събирани данни, получени като резултат от напълно независими измервания – едните наземни, другите спътникови, е едно ценно косвено доказателство, че нашите измервания са верни, точни и съдържателни.

Като продължение към казаното дотук, получената средна зависимост (1) между двата вида данни, съвсем резонно ни позволява да използваме данните от OMI за попълване на пропуските от измерванията в София, разбира се след съответна корекция по горната формула. Това е изключително полезно, особено за есенно-зимния период на годината, когато имаме продължителни изцяло облачни дни и трайни мъгли, които с дни, а в редки случаи и със седмици реално не позволяват провеждането на директни измервания.

Казаното дотук обосновава и възможността за използване на спътниковите данни за изследване на поведението на атмосферния озон в предходните години, генерирайки по този начин информация за състоянието на озоновия слой над територията на Р.България за предни години. Разбира се на тази информация не можем да се доверим, както се казва на 100%, но във всички случаи тя може да се приеме като далеч по-достоверна в сравнение с информацията, изложена в началото на този отчет. Нека сега по-обстойно се спрем на този въпрос, след което ще се върнем обратно към директните измервания на тоталния озон.

Озоновият слой над България и съседните страни през последното десетилетие по спътникови данни

Състояние на озоновия слой над България

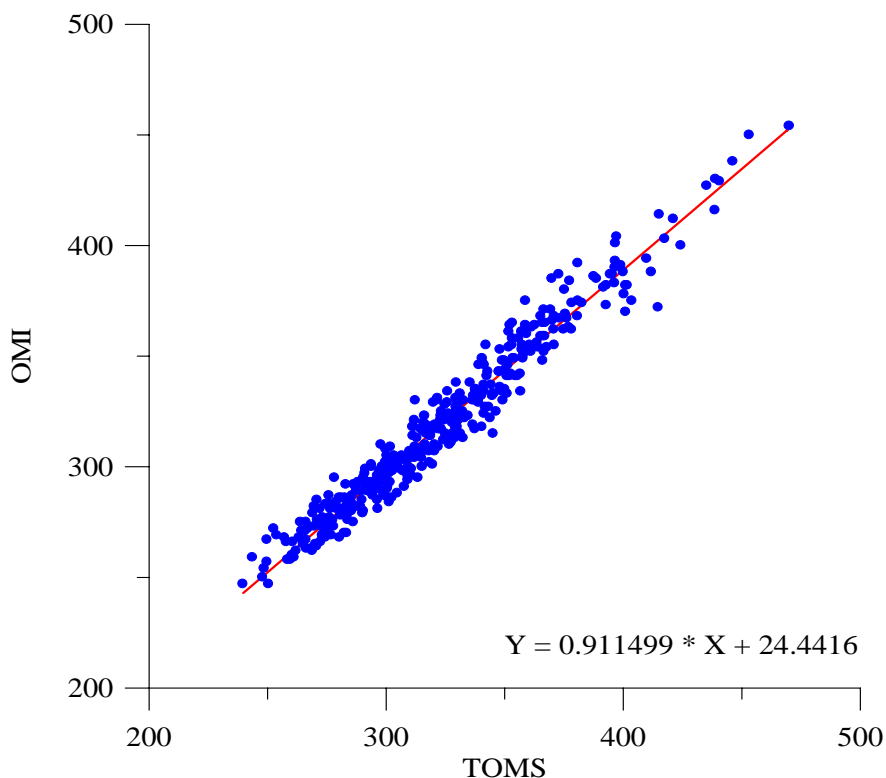
Изследване на поведението на озоновия слой над България може да се направи на базата на ежедневните спътникови измервания. Тези измервания имат, както вече отбелязахме по-горе, известни слабости, които обаче след направените корекции на стойностите им, на базата на реални наземни измервания в известен смисъл се компенсират. Като слаб момент все още можем да отчетем факта, че сравнението е с относително къс ред от наземни измервания. Един по-дълъг ред би допринесъл за доуточняване на параметрите (коефициентите) на корекционната формула (1) и би повишил по този начин точността на резултатите.

В същото време в базата данни на NASA са представени два реда стойности на тоталния озон :

- от 1996 година до 2005, получени от TOMS V5;
- от 2004 година до днес, получени от OMI .

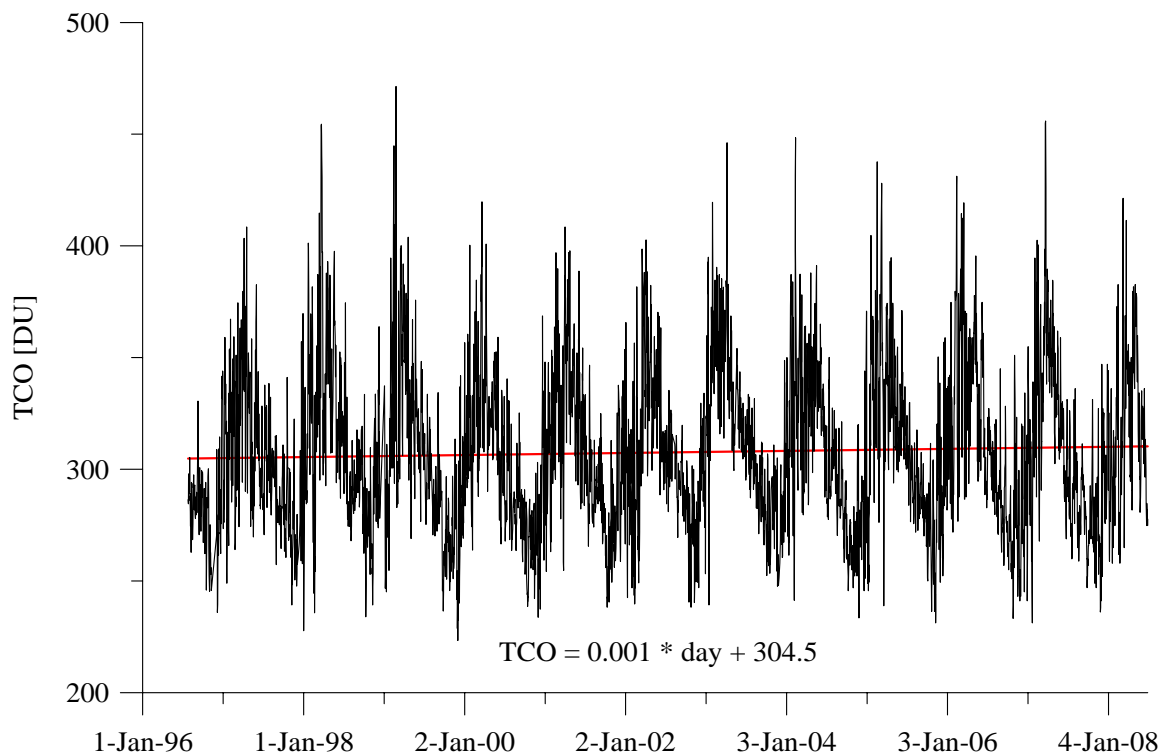
Комбинирането на данните от TOMS V5 и OMI би позволило да се изследва ходът на тоталния озон над България през целия период 1996-2008г., т.е. за последните 12 години. За тази цел обаче е необходимо да се изследват данните, получени от двата спътника за територията на Р.България в общия период на работа и да се построи регресионна зависимост, позволяваща след съответната корекция тяхното общо разглеждане. Имайки вероятно точно това предвид, от NASA поддържат ред от Данни от TOMS V5, приключващ през декември 2005г., в същото време данните от OMI стартират през октомври 2004. Това дава възможност да се създаде общ ред данни, като измерванията на двата спътника могат да се привържат количествено. На следващата Фиг.9 е показана регресионната зависимост, отново получена по метода на най-малките квадрати, между стойностите на измереното тотално съдържание на озон от TOMS и OMI за периода на едновременната им работа – октомври 2004 – декември 2005г. Получената регресионна зависимост дава възможност да се коригират данните на TOMS към получените с по-нова техника, и поради това предполагаме по-точни данни на OMI, а именно:

(2) $I_{\text{OMI}} = 0.911499 I_{\text{TOMS}} + 24.4416$



Фиг. 9. Регресионна зависимост между измерванията на тоталния озон от TOMS и OMI.

С тази зависимост коригираме всички данни от TOMS. Следваща стъпка е целия ред от спътникови данни да коригираме втори път, на базата на корелационната зависимост между данните от OMI и наземните измервания от периода 2008-2009г. - (1) и фиг.8. В резултат на тези две корекции получаваме практически един непрекъснат ред от ежедневни стойности за периода от средата на 1996 г. до настоящия момент. На Фиг.10 е показан ходът на този ред до края на м. юни 2008 година, преди започването на наземни измервания в София. Казано с други думи, това е ред от данни за тоталното съдържание на озон в атмосферата над София, получен от спътници на NASA, след двойна корекция на стойностите, породена веднъж от смяната на измервателната апаратура на спътниците и втори път за корелиране с по-точните наземни измервания, извършени през последната година.



Фиг. 10. Ход на дневните стойности на тоталния озон съгласно спътникови данни от приборите TOMS и OMI за периода 1996- 2008.

На тази фигура с червена линия е показан линейният тренд на данните, получен по метода на най-малките квадрати. Изменението му се осъществява по формулата:

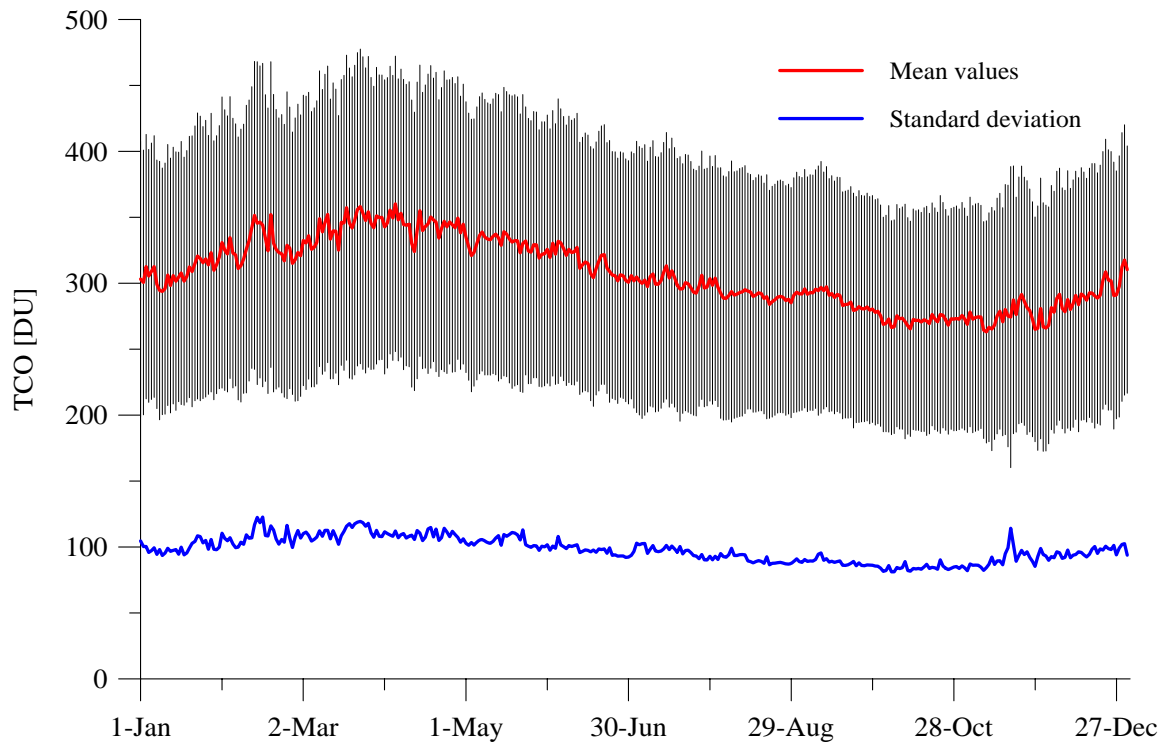
$$(3) \quad \text{TCO} = 0.001 * \text{day} + 304.5$$

Средната стойност на тоталния озон за целия даден период е 305.6 DU, а линейният коефициент (това всъщност е тенденцията на изменение на средния тотален озон - т.н. тренд) е 0.001. Общото количество дни е 4564, следователно изменението (в случая увеличение) на средния тотален озон за разглеждания период е $4564 * 0.001 = 4.5$ DU, което е по-малко от 2% от средната стойност и по принцип може да се счита за несъществено, понеже е от порядъка на грешката на измерванията. Независимо от това обаче, тези резултати ни позволяват категорично да заключим, че:

През последните 12 години не се наблюдават тенденции за значимо изменение на средната стойност на тоталния озон над България. Нещо повече, очертаната тенденция, макар и съвсем малка е положителна, т.е. дебелината на озоновия слой над Р.България, макар и съвсем незначително в периода 1996–2008г. нараства. Очакваната средногодишна стойност за настоящата година на базата на тези данни например е около 309 DU. Обвързвайки тази макар и слаба положителна тенденция с редицата предприети на глобално политическо и междудържавно ниво мерки, съвсем разумно е да очакваме през следващите години засилване на тази положителна тенденция. Нека още веднъж припомним казаното във въведението на настоящия отчет, че годините до около 2010-2015, се считат образно казано за “дъното” на процеса на изтъняване на озоновия слой, след което се очаква период на възстановяване, продължаващ докъм средата на века.

Устойчивостта на средната стойност на тоталното съдържание на озон позволява на базата на спътниковите данни да се определи средният сезонен ход на тоталния озон, който може да се използва като база за изследване на вариациите му по сезони, месеци и даже по дни. Полученият ред данни позволява да се изчисли средният сезонен ход на тоталния озон по дни от годината. За целта е изчислена средната стойност за всяка календарна дата от

разглеждания интервал време и нейното стандартно отклонение. На следващата Фиг. 11 е показан средният сезонен ход на тоталния озон, като за всеки ден е означен и диапазонът на разсейване на стойностите в различните години, определен от стандартното отклонение, показано със синя линия.



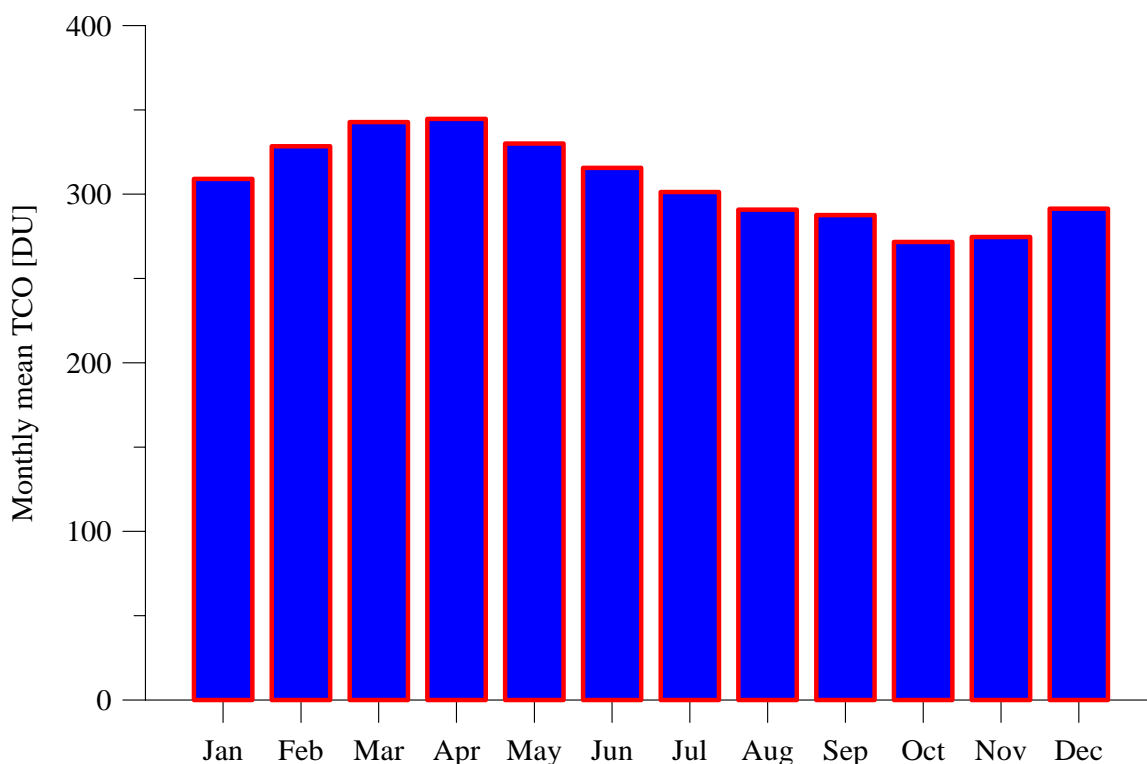
Фиг. 11. Среден сезонен ход на тоталния озон в зависимост от календарната дата и неговото стандартно отклонение.

Както следва от показаната зависимост, средният сезонен ход има форма, близка до синусоидалната, като максимални стойности се достигат около пролетното равноденствие, а минималните - около есенното равноденствие. Стандартното отклонение е около 100 DU и има слабо изразен сезонен ход. Очертаният с отсечки диапазон на разсейване на стойностите (средната стойност плюс и минус стандартното отклонение) представлява всъщност диапазонът, в който се намират повече от половината от измерените стойности за дадена календарна дата.

На следващата таблица и на хистограмата по-долу – фиг.12, са представени изчислените средномесечни стойности на тоталния озон, усреднени за целия период 1996-2008г.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

Месец	Ян.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Юни	Юли	Авг.	Сеп.	Окт.	Ное.	Дек.
ТСО	309.1	328.4	342.8	344.7	330.1	315.6	301.3	290.8	287.6	271.7	274.6	291.4



Фиг. 12. Средномесечни стойности на тоталния озон.

Изложените дотук количествени резултати на базата на дистанционната спътникова информация от NASA и в качествено отношение от наземните измервания в НИМХ през периода 1989-2001г. с руския филтър озонOMETЪР М-124, ни позволяват категорично да заключим, че през последните двадесет години – от 1989г. насам драстично намаляване на дебелината на озоновия слой над територията на Р.България не е имало. Нещо повече, графиката на фиг.10 за годините от 1996 до 2008г. показва макар и нищожна, но положителна, а не отрицателна тенденция. Казано с други думи, за годините, през които в световен мащаб се очакваше достигането на най-ниските стойности на нивата на тотално съдържание на озон в атмосферата, над България концентрацията на озон е била в стабилни граници, вариращи в рамките на годината в установените норми, при средногодишна стойност около и малко над 300DU.

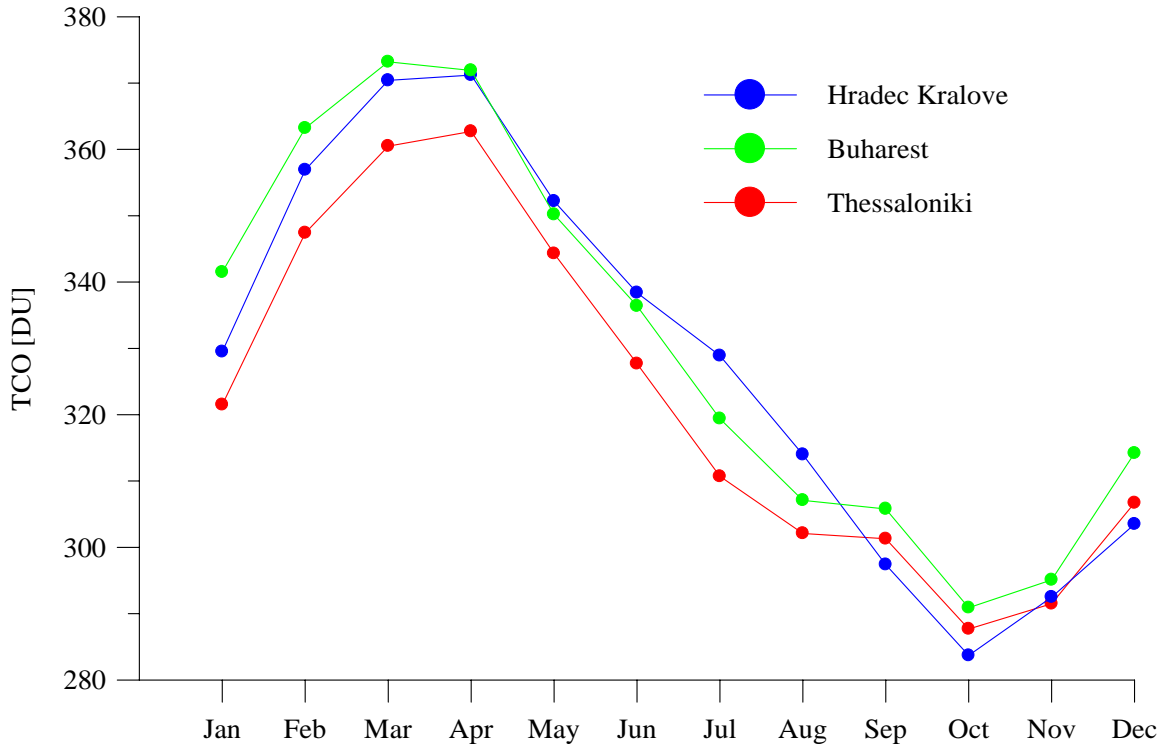
Състояние на озоновия слой над страните от Югоизточна Европа

Наред със състоянието на озоновия слой над България, интерес за нас представлява и състоянието му за целия регион на Югоизточна Европа. Нека първо разгледаме спътниковите данни за три съседни на нас центрове за наземни измервания, а именно Храдец Кралове (50.18N, 15.83E) – Р.Чехия, Букурещ – Р.Румъния (44.48 N, 26.13E) и Солун – Р.Гърция (40.63N, 22.96E) за периода 1996-2007г. Да уточним, че са използвани сателитни данни, привързани към така описаните координати на трите станции за наземни измервания. Тук е необходимо да направим някои доуточнения по отношение разположението на станциите и да се опитаем поне в качествено отношение да разграничим стратосферния от приземния тропосферен озон.

Да разгледаме двете криви за Солун и Букурещ. И двете дават тоталното съдържание на озон над големи градове – мегаполиси. В съгласие с основната зависимост от географската ширина с нарастването ѝ, и дебелината на озоновия слой нараства – действително над Букурещ през цялата година се регистрират нива, по-високи от тези над Солун. През пролетта (при максимални стойности на озона) тези различия са по-големи – до около 15DU, през есента (при минимални стойности на озона) по-малки – до около 5DU. През останалите месеци на годината, вариращи между тези две стойности. Храдец Кралове е малко градче на около 100км. от столицата Прага. В зависимост от географската му ширина би следвало да очакваме по-високи стойности от тези над Букурещ и особено от тези над Солун. Графиката обаче показва минимум, по-нисък дори от Солун и максимум между Солун и Букурещ. Причина за този ход според нас най-вероятно е фактът, че над големите градове продукцията на приземен - тропосферен озон е в пъти по-висока от тази над по-рядко населени райони. В резултат на това общото тотално количество озон над големите градове нараства, компенсирайки разлика в географската ширина до около 10^0 , както се вижда от фигурата. Продукцията на тропосферен озон над големите градове е общо взето постоянна величина през годината, затова и при минималните стойности на TCO – през октомври стойностите за Храдец Кралове са по-ниски и от Солун, докато при максималните стойности – март-април, стойностите за Храдец Кралове попадат между Солун и Букурещ. В периода юни-септември, когато слънчевото греене е най-силно, а продукцията

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

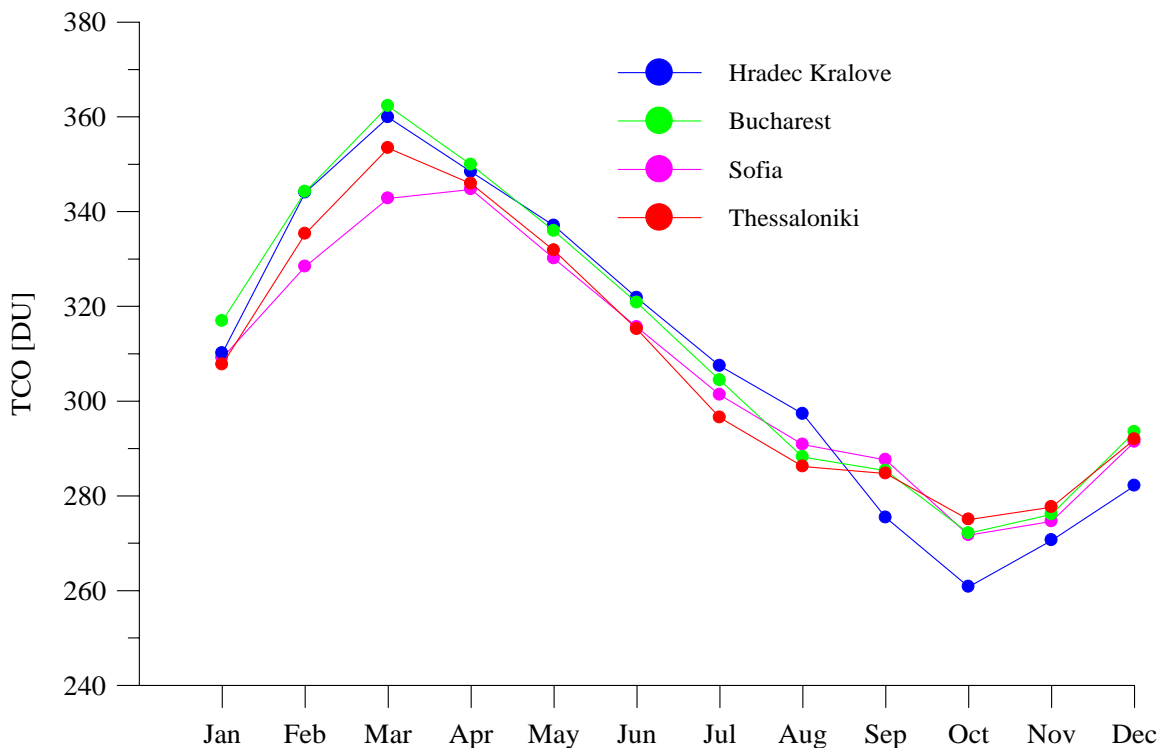
на тропосферен озон в големите градове относително по-малка се възстановява зависимост близка до очакваната според географската ширина.



Фиг. 13. Среден сезонен ход на тоталния озон съгласно спътникови данни за периода 1996- 2007.

Нека видим сега къде в тези графики стои София? За целта да разглеждаме следващата фиг.14, даваща тоталния озон съгласно спътниковите данни от OMI за периода 2004-2009г. Както се вижда графиката за нашата столица през по-голямата част от годината – от април до декември, даже януари, следва закономерностите, коментирани на предната графика и почти съвпада със стойностите измервани в Солун и Букурещ. По-ниският максимум през периода февруари-март, достигащ до 10DU спрямо Солун и до около 20DU спрямо Букурещ, т.е.реално имайки предвид географската ширина с около 15DU по-малко от средно очакваното, най-вероятно е резултат на по-активна атмосферна циркулация, през този период на годината, в сравнение със Солун и Букурещ, които са съответно в приморски и равнинен райони. Това най-вероятно води до по-бързо и по-ефективно разсейване на образувания над

София тропосферен озон, в сравнение с другите два града и като краен резултат по-ниски стойности за тоталното съдържание на озон над София.



Фиг. 14. Среден сезонен ход на тоталния озон съгласно спътниковите данни от OMI за периода 2004- 2009.

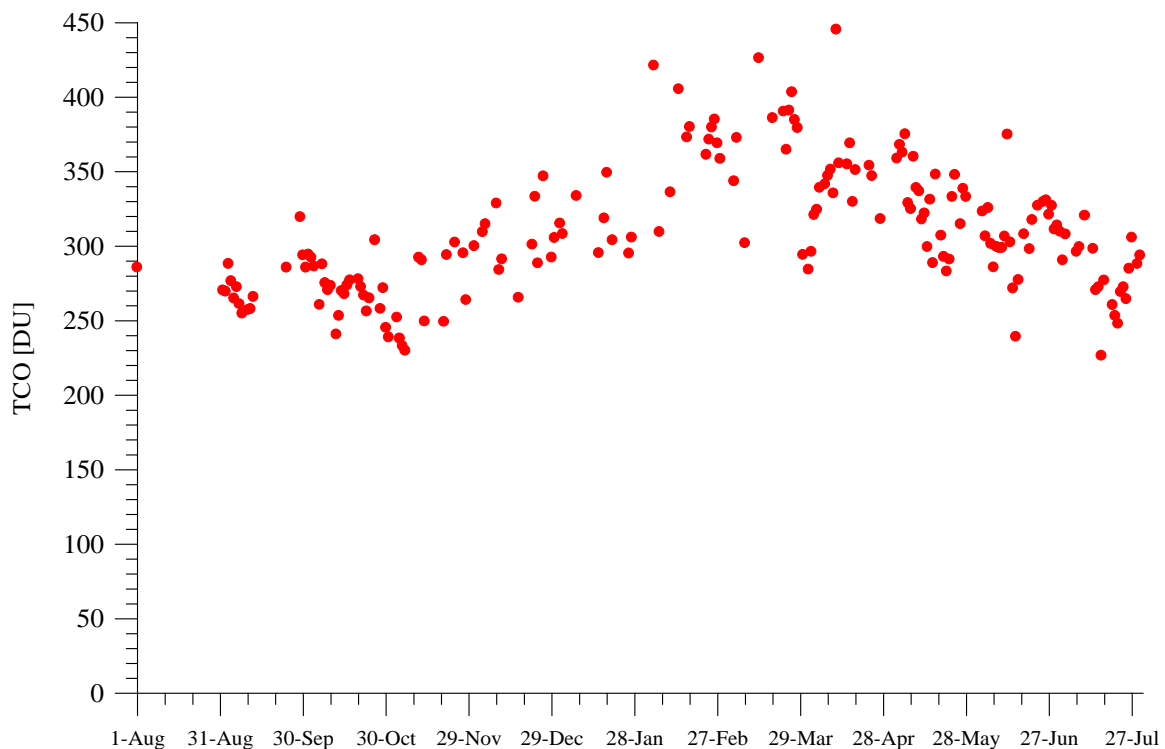
Както виждаме дистанционните спътникови данни за TCO над региона на Югоизточна Европа, ни дадоха възможности за обширен анализ и сравнения. Нещо повече, те ни позволиха да се върнем повече от 12 години назад във времето и да изучим хода на изменението на тоталното съдържание на озон през всичките тези години. Тук трябва обаче изрично да подчертаем, че това стана възможно на базата на проведените у нас пълни, ежедневни едногодишни измервания на TCO. Именно тези измервания позволиха създаването на регресионната зависимост (1), която освен възможности за корекция на спътниковите данни, ни позволи да имаме увереността, че обсъждаме действителни стойности, които можем да коментираме и количествено, а не само качествено, като тенденции. Нека сега се върнем към резултатите от наземните измервания на TCO над София.

Анализ на резултатите от измерванията на тоталното съдържание на озон над София през 2008- 2009 г.

Общи резултати от измерванията

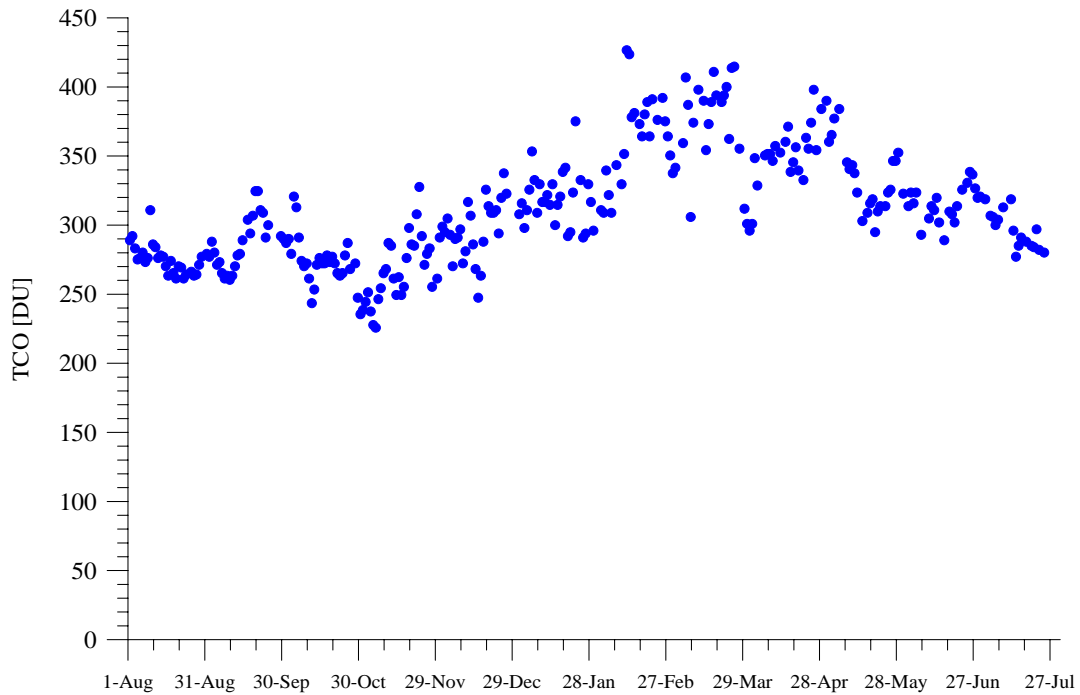
Представените в приложение 2 среднодневни стойности на тоталния озон, измерени в София са показани графично на Фиг.15. Измерванията започват от началото на август 2008г. и продължават и в настоящия момент. На следващата фиг.16 са дадени стойностите, получени от спътниковата апаратура OMI за същия период.

Анализът на състоянието на тоталния озон е извършен за интервала време август 2008 - юли 2009 г., като липсващите данни от наземни измервания, както пояснихме по-горе, са попълнени с данни от спътниковата апаратура OMI, коригирани спрямо показанията на прибора Microtops II по описаната вече процедура. Резултатите са представени на фиг.17.

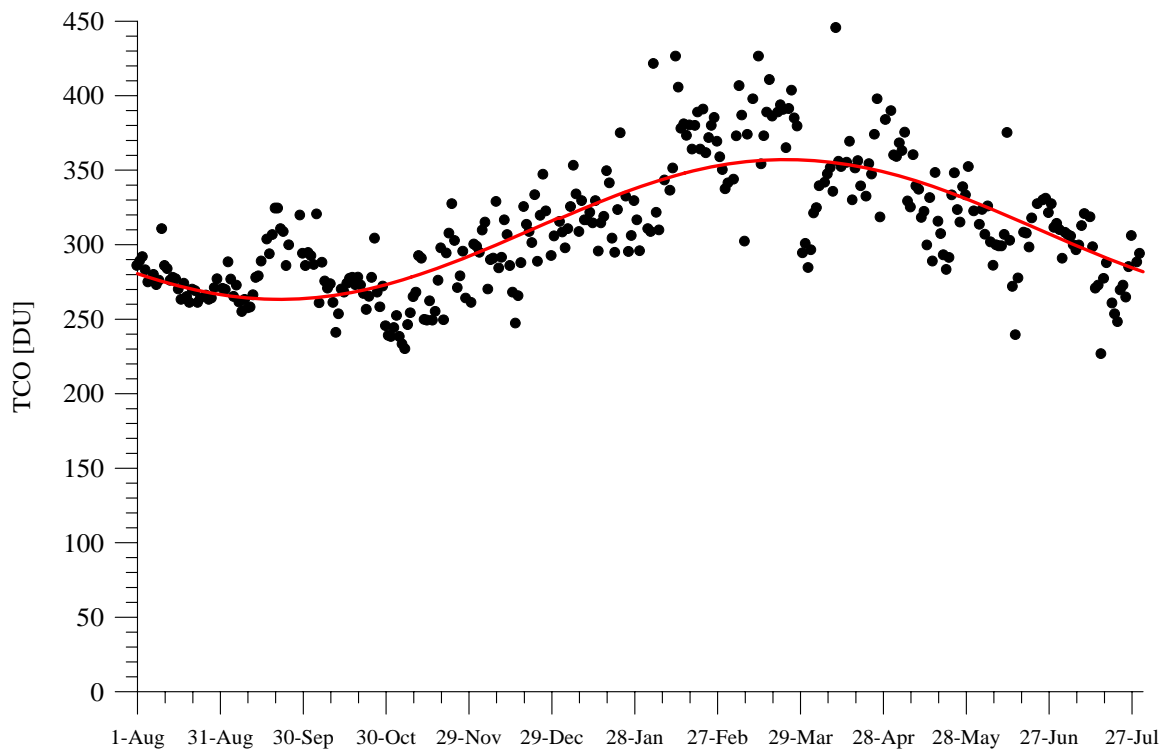


Фиг. 15. Стойности на тоталния озон, измерени с прибора Microtops II.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България



Фиг. 16. Стойности на тоталния озон получени от спътниковата апаратура OMI



Фиг. 17. Стойности на тоталния озон, измерени с прибора Microtops II, пропуските са попълнени със стойности от OMI със съответната корекция – формула (1).

Червената линия показва изгладения сезонен ход, представен като сума от средногодишна стойност и синусоида с период 365 дни.

Получената средногодишна стойност за разглеждания период е 310.3 DU. Да си спомним, че тенденцията за нарастване на средногодишната стойност през последните 12 години по коригирани спътникови данни, предполагаше стойност от 309 DU, която на практика с точност под 1% съвпада с получената от наземните данни стойност. Разглежданата година показва още едно потвърждение на забелязаната тенденция за увеличение на средногодишното тOTALНО съдържание на озон над България.

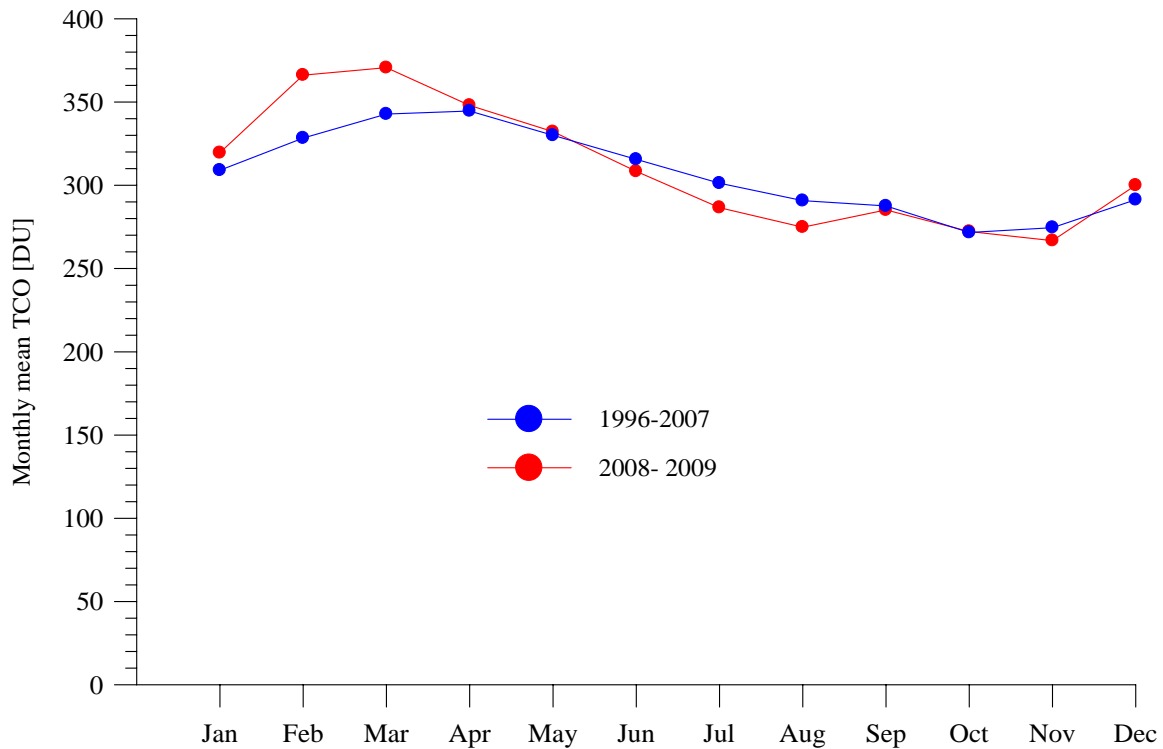
Максималното отклонение на TCO от средногодишната стойност (годишна амплитуда) е 47 DU. В сравнение с получената за 2007 година стойност 40 DU, тенденцията за увеличение на годишната амплитуда се запазва.

Денят на максимума на сезонния ход (фазата) се получава на 82 ден от 2009 година - 23.03.2009. В сравнение с получената стойност за 2007 година по спътникови данни - (94 ден от годината), забелязаната тенденция за отместване на деня на максимума към началото на годината се запазва.

На Фиг. 18 са показани средномесечните стойности на тOTALния озон за 2008-2009г., сравнени със стойностите, средни за периода 1996-2007г. по спътникови данни. Ясно личи увеличението на тOTALния озон в зимните месеци и намалението му в летните, което е реално увеличение на годишната амплитуда и означава още приближаване на годишното разпределение към регистрираните в Солун и Букурещ стойности – виж фиг.14. Измерените средномесечни стойности за периода август 2008 – юли 2009 г. са представени в таблицата.

Месец	Ян.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Юни	Юли	Авг.	Сеп.	Окт.	Ное.	Дек.
ТСО	319.6	366.2	342.8	348.0	332.2	308.4	286.6	274.9	285.2	272.3	266.8	300.1

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

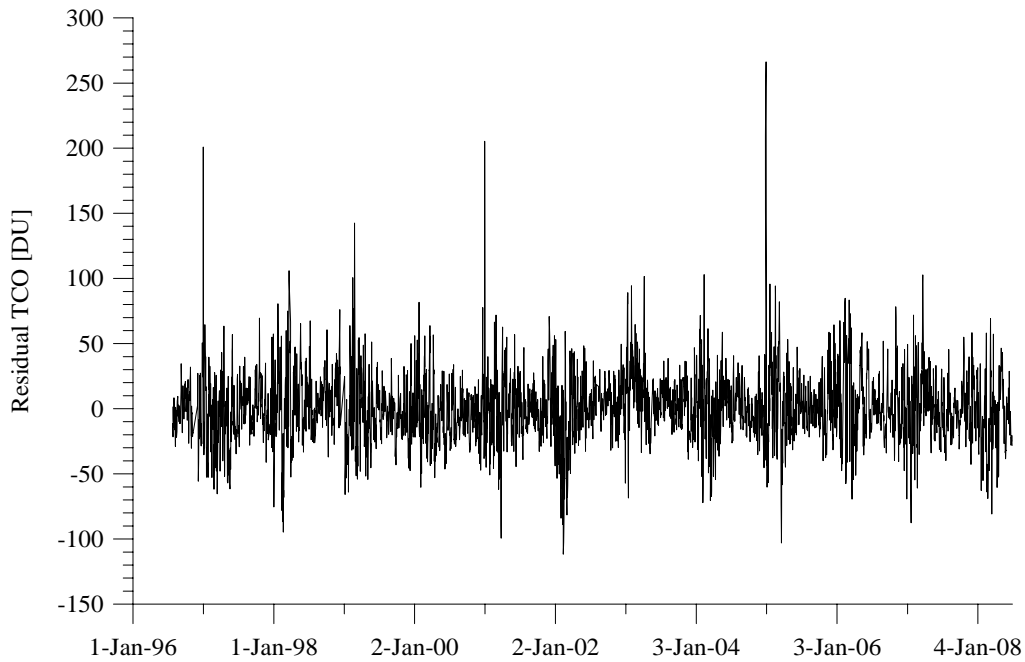


Фиг. 18. Месечни средни стойности за 2008-2009 г (с червен цвят) в сравнение с получените за интервала време 1996- 2007 г (със син цвят).

Допълнителна статистическа обработка на информацията

Нека отново се върнем на реда от спътникови данни за периода 1996-2008г., разглеждан по-рано в настоящия отчет. Разумно е вариациите на тоталния озон, които не са свързани със сезонния му ход, да се изследват като се оценят разликите на измерените стойности и средносезонните за всеки ден. Ходът на тази величина е показан на следващата Фиг. 19.

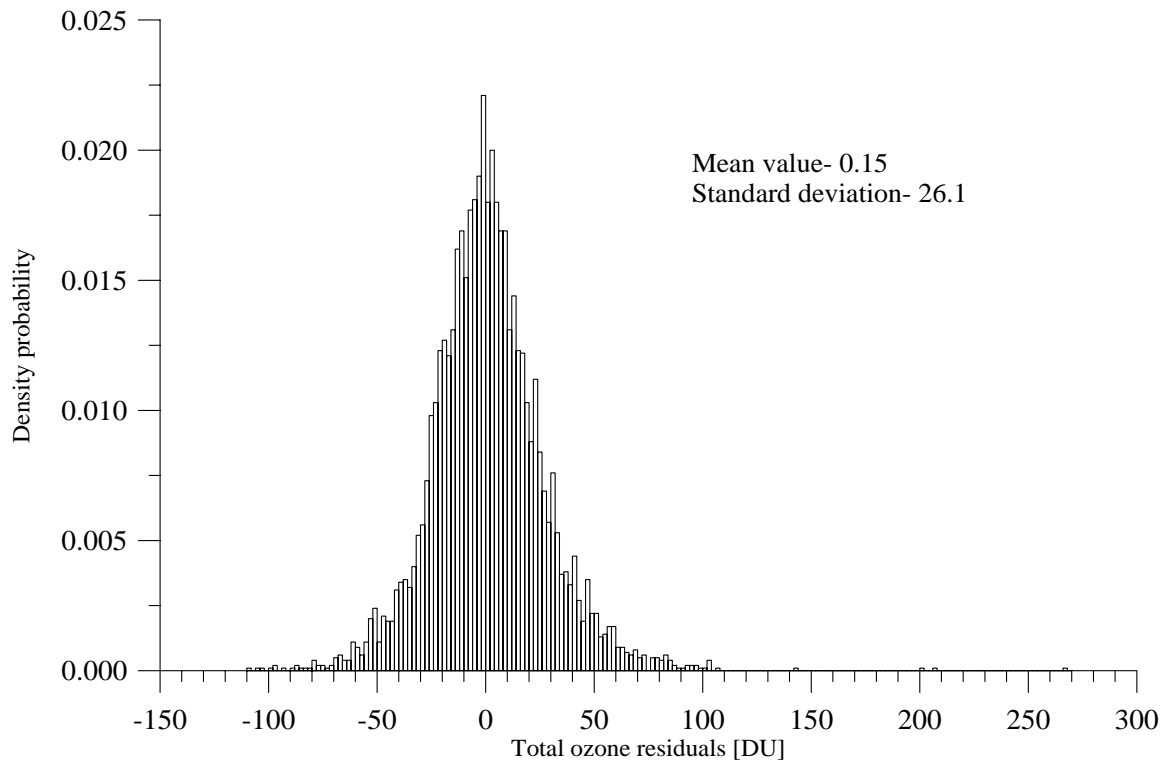
Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България



Фиг. 19. Разлики между измерените стойности и средносезонните.

Стандартното отклонение в случая е мярка за общата изменчивост на тоталния озон от средносезонния. Както се вижда от фигурата, отклонението от средносезонните стойности в над 90% от случаите е в рамките на до 50DU в плюс или минус. Това са флуктуации, най-вероятно причинени от общоатмосферни циркулационни причини. Статистическото разпределение на вероятността за получаване на дадено отклонение от средносезонния ход, както се вижда на следващата Фиг.20, има форма близка до стандартното Гаусово разпределение.

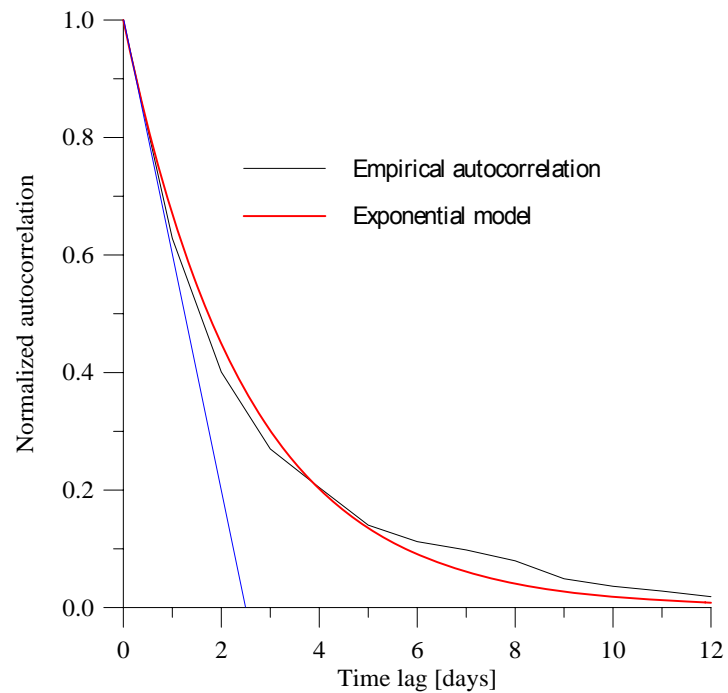
Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България



Фиг. 20. Статистическо разпределение на вероятността за отклонение на тоталния озон от средносезонните.

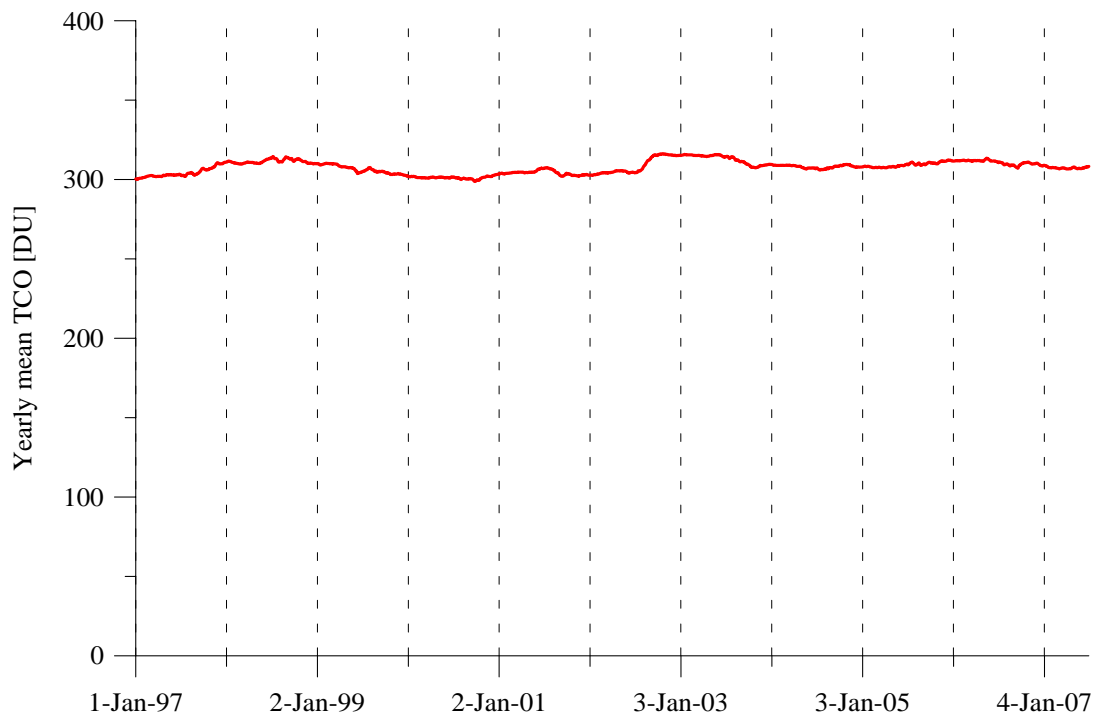
Представеният ред отклонения дава възможност да се определи една важна характеристика на изменчивостта на озоновия слой от ден за ден. Това е т.н. автокорелационна функция, представена на Фиг. 21. Както се вижда, в нашия случай тя е много близка до експоненциална функция, с времеконстанта 2.5 денонощия. Подобни процеси, които се срещат много често в геофизиката и имат подобни автокорелационни функции, се оценяват като случайни, като средното време на относителна устойчивост е равно на тази времеконстанта и в случая е в границите на 2 до 3 денонощия. Доброто познаване на параметрите на тази функция може съществено да спомогне за стартиране на модели за краткосрочно прогнозиране нивата на ТСО. Засега по-подробно на свойствата ѝ няма да се спираме, тъй като късият ред от наземни данни все още не ни позволява с голяма точност да дефинираме параметрите ѝ. Бъдещо продължаване на измерванията на ТСО, осигуряващо по-дълга времева редица, съществено би спомогнало за уточняването им.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България



Фиг. 21. Автокорелационна функция на вариациите на тоталния озон.

Интерес представляват и вариациите на самия сезонен ход на тоталния озон от година на година – Фиг.22.



Фиг. 22. Ход на пълзящата средногодишна стойност на тоталния озон.

За целта от реда стойности на тоталния озон чрез синусоидална декомпозиция на пълзгащ се сегмент с дължина една година са получени ходът на пълзящата средногодишна стойност и амплитудата на годишната вариация.

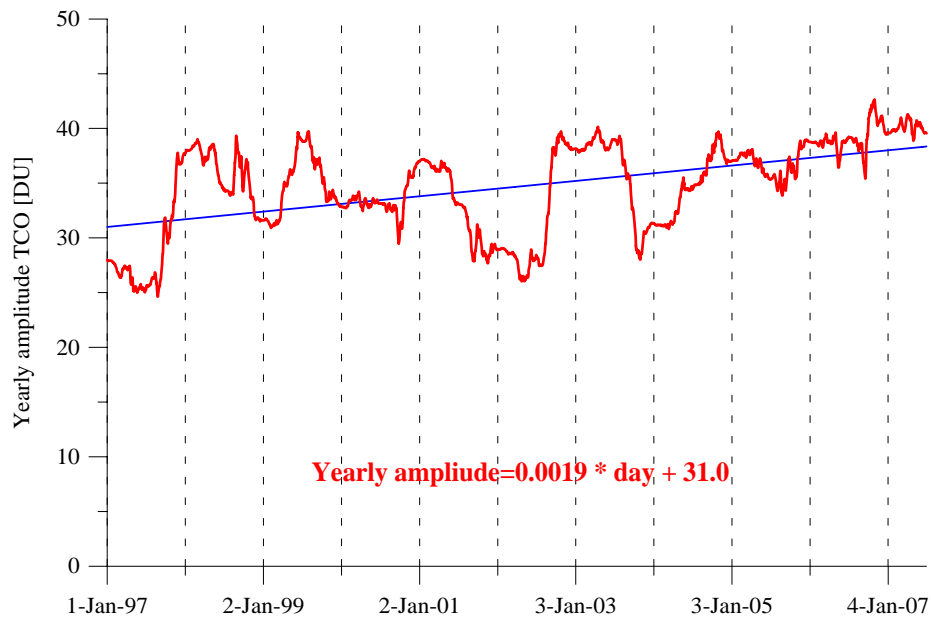
Показаният на Фиг. 22 ход на пълзящата средногодишна стойност на тоталния озон варира много слабо с макар и слабо изразена тенденция към покачване.

Този резултат още веднъж потвърждава:

- направените по-горе изводи за устойчивостта на озоновия слой над България през последното десетилетие;
- извода за макар и съвсем слабото, но важно за нас повишение на средногодишната стойност на тоталното съдържание на озон в атмосферата над България.

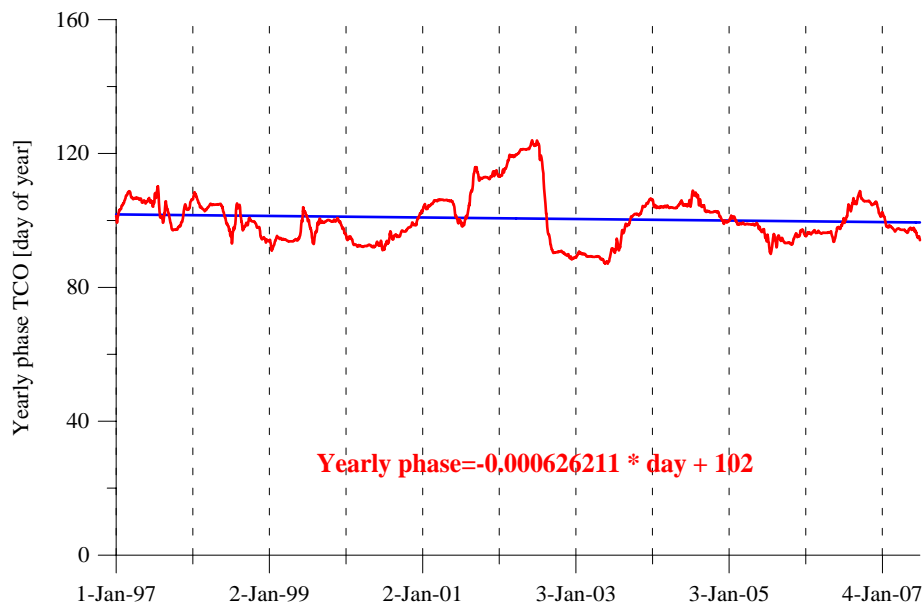
На следващата Фиг. 23 е показан ходът на амплитудата на годишната вариация. Смисълът на тази величина е, че тя представя максималното отклонение на тоталния озон от средногодишната стойност (в посока увеличаване около пролетното равноденствие и в посока намаляване около есенното равноденствие). Както следва от Фиг. 23, годишната амплитуда (чиято средна стойност за 1997г. е била 31 DU) показва забележима тенденция към увеличение през периода 1997-2006 с дневно нарастване от около 0.0019 DU/day, в резултат на което за разглеждания период годишната амплитуда нараства от 31DU до около 40 DU. От показаната зависимост освен това се забелязва съвсем ясно и наличие на вариации с продължителност около две години (особено в интервала 2001-2005г.). Те вероятно се дължат на влиянието на известната квазидвугодишна осцилация на стратосферния вятър в екваториални ширини.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България



Фиг. 23. Ход на годишната амплитуда на тоталния озон.

Фиг. 24 показва хода на фазата на годишната компонента на сезонния ход. Тя всъщност е поредният ден от годината, в който се получава годишния максимум на тоталния озон. Средната стойност за целия изследван период е 102 ден (12-13 април). Както се вижда, той показва изразена тенденция към намаляване, т.е. изместване към по-ранна дата.



Фиг. 24. Ход на фазата на годишната компонента, поредният ден от годината, в който се наблюдава максимум на тоталния озон.

Нека сега съвсем накратко обобщим. Една допълнителна статистическа сравнително пълна оценка на състоянието на озоновия слой през дадена година може да се направи на основата на следните статистически характеристики:

- Средногодишна стойност, амплитуда и фаза на годишната компонента на сезонния ход;

Средногодишната стойност, сравнена с общата средна стойност през последните 12 години определя има ли в настоящата година промяна на общото количество озон в атмосферата.

Амплитудата и фазата на годишната вълна, сравнени с получените през последните години, могат да дадат информация за промяна на общия сезонен ход на тоталния озон.

- Средна стойност и стандартно отклонение на разликите на измерените стойности от средните стойности за всеки календарен ден от годината, получени на базата на синтезирания ред данни;

Средната стойност на отклонението на дневните стойности на тоталния озон от средните също дава информация за евентуална промяна на общото количество озон в атмосферата. Сравнението на стандартното отклонение на текущата година със средното за предходния 12 годишен период може да служи за оценка на евентуални промени в късо периодичните вариации на тоталния озон.

- Средномесечни стойности за всеки календарен месец.

Сравнението на средномесечните стойности за текущата година със съответните за предходния 12 годишен период също може да послужи за оценка на евентуални изменения на сезонния ход.

Нека сега проследим стойностите на описаните по-горе статистически характеристики за извършения от нас едногодишен наземен мониторинг на тоталното съдържание на озон в атмосферата над град София в периода август 2008 – юли 2009г.

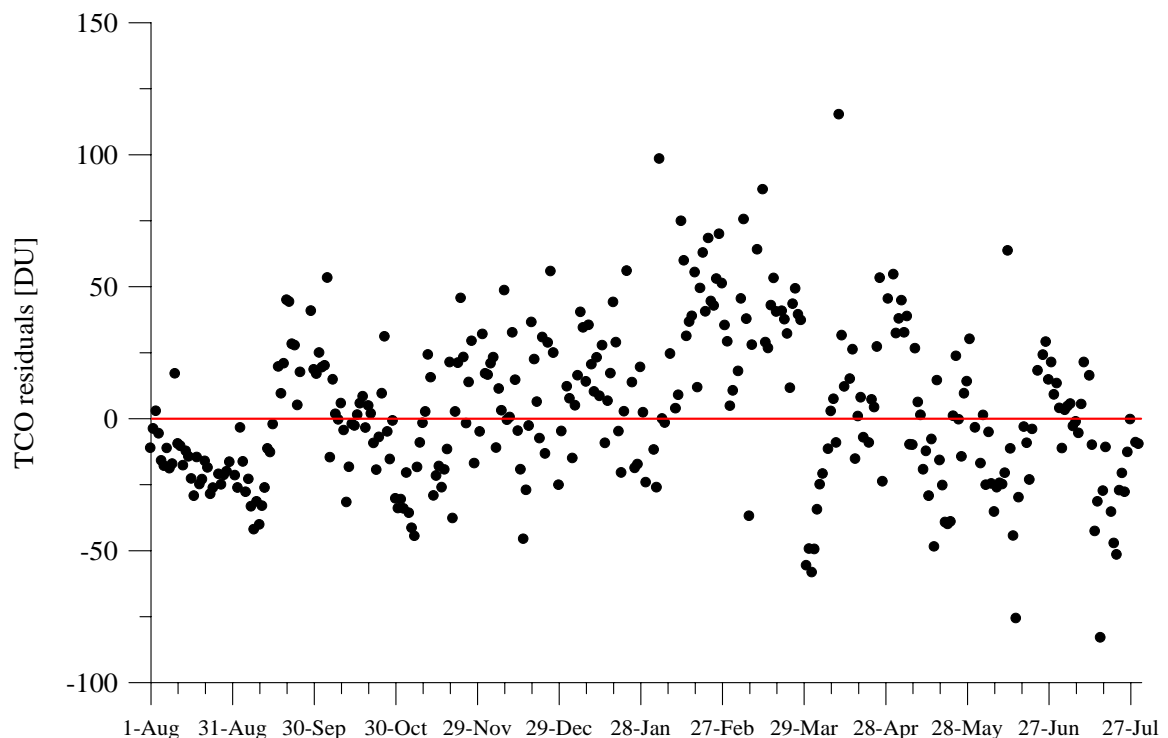
1. Средногодишна стойност, амплитуда и фаза:

Средногодишна стойност = 310.3 DU., при средногодишна за периода 1996-2008г. 305,6 DU и очаквана за 2009г. 309 DU. Следователно можем да заключим, че разглежданата година показва още едно потвърждение на забелязаната тенденция за леко увеличение на средногодишното тотално съдържание на озон над България.

Годишна амплитуда = 47 DU малко по-висока от очакваната около 40 DU, но в съгласие с тенденцията за увеличение на годишната амплитуда.

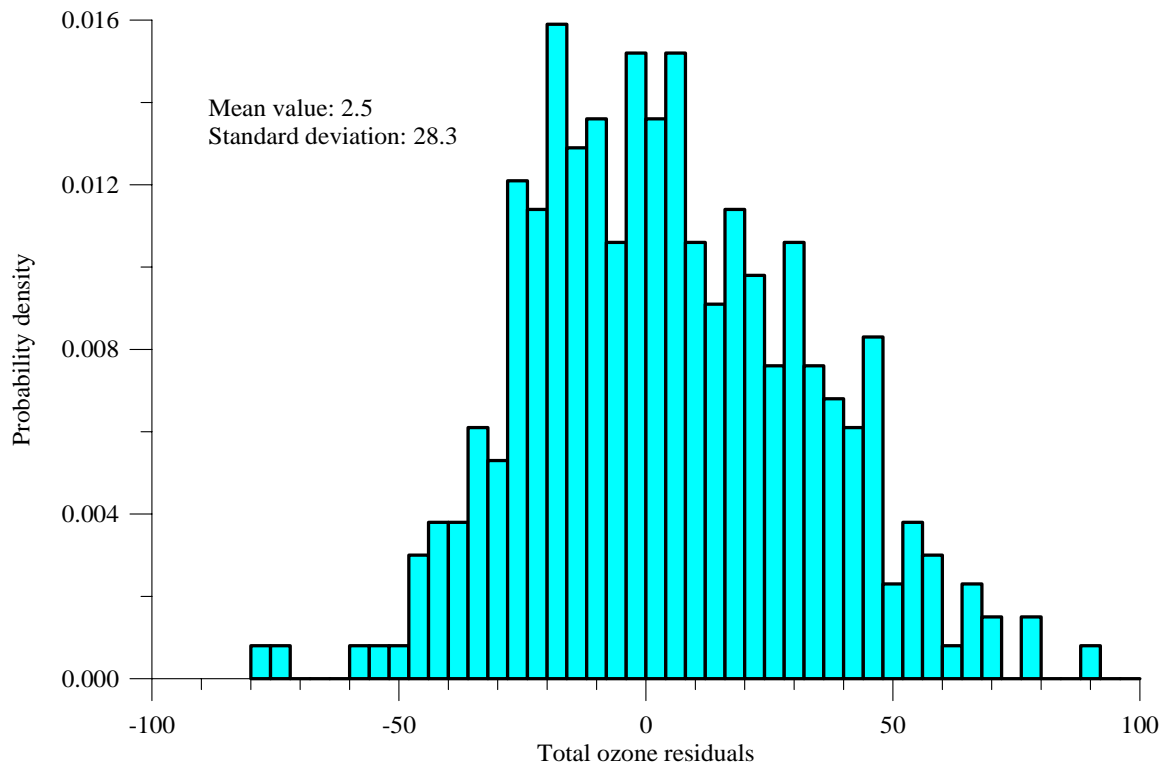
Фаза (денят на максимума на сезонния ход) = 82 ден от 2009г. - 23.03.2009. В сравнение с получената стойност за 2007 година по спътникови данни - (94 ден от годината) потвърждава забелязаната тенденция за отместване на деня на максимума към началото на годината.

2. Средна стойност и стандартно отклонение на разликите на измерените стойности от средните стойности



Фиг. 25. Разлики между измерените стойности и средния сезонен ход.

Разликите между измерените стойности (точките на графиката) и средния сезонен ход – червената линия на графиката са представени на фиг.25.



Фиг. 26. Вероятностно разпределение на отклоненията от средния сезонен ход.

Вероятностното разпределение на разликите между измерените и средно сезонните дневни стойности е показано на Фиг. 26.

Получената положителна средна стойност 2.5 DU съответствува и потвърждава тенденцията за нарастване на средногодишната стойност, а стандартното отклонение 28.3 DU е приблизително същото, както и полученото за предходните 12 години - 26.1 DU. Това ни дава основание да заключим, че не се наблюдава съществена промяна в краткосрочната изменчивост на тоталното съдържание на озон над територията на Р.България.

3. Средномесечни стойности

за периода Август 2008 – Юли 2009г. - измервания

Месец	Ян.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Юни	Юли	Авг.	Сеп.	Окт.	Ное.	Дек.
ТСО	319.6	366.2	342.8	348.0	332.2	308.4	286.6	274.9	285.2	272.3	266.8	300.1

За периода 1996 – 2007г. – спътникови данни

Месец	Ян.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Юни	Юли	Авг.	Сеп.	Окт.	Ное.	Дек.
ТСО	309.1	328.4	342.8	344.7	330.1	315.6	301.3	290.8	287.6	271.7	274.6	291.4

Ясно личи увеличението на тоталния озон в зимните месеци и лекото намаление през летните месеци – виж фиг.18.

Въз основа на изложеното дотук категорично можем да заключим, че тоталното съдържание на озон по наземни измервания, през изследваната година август 2008 – юли 2009 по всички характеристики запазва положителните тенденции, забелязани при спътниковите измервания през последните 12 години, а именно:

- **постепенно увеличение на средногодишната стойност;**
- **постепенно увеличение на годишната амплитуда;**
- **тенденция за слабо отместване на годишния максимум към по-ранна дата от годината;**
- **липса на съществена промяна в краткосрочната изменчивост на тоталното съдържание на озон над територията на Р.България;**
- **увеличение на средномесечното съдържание на тотален озон в зимните месеци и по-слабо намаление в летните месеци.**

Предложения за бъдещо развитие

Извършеният годишен цикъл на ежедневни наземни наблюдения на тоталното съдържание на озон в атмосферата над България е много добро начало на последващ непрекъснат и задълбочен мониторинг на атмосферния озон над страната ни. За неговото по-нататъшно организиране, Геофизичен Институт – БАН (ГФИ) вече разполага:

- с известен натрупан опит от това изследване;
- от скоро с допълнително закупена апаратура – още два прибора MicrotopsII;
- с обсерваторна база на територията на цялата страна, свързана с националната сеизмологична мрежа.

Тези предимства, ни позволяват да предложим на Ръководството на Изпълнителна агенция за околна среда при Министерство на околната среда и водите, наземният мониторинг на тоталното съдържание на озон над територията на България да бъде продължен от ГФИ и през следващите години в следните аспекти:

- Продължаващи наземни измервания вече в мрежа от три станции в страната, а именно:
 - Геофизичен Институт (ГФИ) – гр. София – централна станция;
 - Обсерватория на ГФИ - с. Преселенци, общ. Добрич – Североизточна България;
 - Обсерватория на ГФИ – с. Мусомище, общ. Гоце Делчев – Югозападна България.
- Създаване на паралелни редове от дистанционни, спътникови измервания на ТСО над станциите от мрежата.
- Статистически анализ, обработка и визуализация на резултатите.
- Използване на създадените редове от данни за стартиране на краткосрочно прогнозиране нивата на озон (ТСО) над територията на Р.България, на базата на създаване и усъвършенстване на статистически автокорелационни функции на вариациите на ТСО –виж фиг.21.

Заключение

Изложеното в настоящия отчет напълно отговаря на изискванията към него, заложи в Техническото задание към проекта. В същото време обхватът му напълно покрива изследванията, предложени в Техническото предложение на Геофизичен Институт. Независимо от това нека още веднъж подчертаем основните моменти и изводи.

1. В съгласие с основната цел на проекта беше извършен целогодишен мониторинг (август 2008 – юли 2009) на тоталното съдържание на озон (ТСО) над територията на България от един измервателен пункт – София. Получените резултати (ежедневни стойности) са надлежно таблично документирани и подходящо визуализирани на редица графики.

2. В допълнение натрупаният ред от резултати е използван за построяване на корелационна зависимост между данните от тези наземни измервания и дистанционни спътникови данни за ТСО. Така коригираната спътникова информация се използва за:

- осигуряване на възможност за допълнителен контрол на точността на наземните измервания;
- източник на данни за дебелината на озоновия слой в облачни дни, когато наземни измервания не са възможни;
- след подходяща статистическа обработка тази спътникова база данни от предишни години е използвана като репрезентативен източник на информация за тоталното съдържание на озон в атмосферата през изминалите, пропуснати за наблюдение от нас години. По този начин е получен на практика непрекъснат ред от данни от началото на 1996г.

3. Получените резултати – от наземни и спътникови наблюдения са сравнени и анализирани с подобни измервания в съседни страни от Югоизточна и Централна Европа – Гърция (Солун), Румъния (Букурещ) и Храдец Кралове (Република Чехия).

4. Направен е обстоен преглед на информацията за ТСО, натрупана в предишни години от Националния Институт по Метеорология и Хидрология при БАН (НИМХ), като подробно са коментирани и анализирани добрите страни и слабостите им. Предвид обективни слабости, свързани с качествата на

използуваната стара руска апаратура, резултатите са полезни само в качествено отношение, в подкрепа на количествените зависимости изведени от наличната по-подробна и по-точна спътникова информация.

5. Извършена е задълбочена и подробна допълнителна статистическа обработка на информацията, която е приложена както към по-дългия ред от спътникови измервания, така и към едногодишния ред от наземни такива.

6. Предложена е стратегия за бъдещо развитие и усъвършенстване на наземния мониторинг на тоталното съдържание на озон в атмосферата над Р.България.

Нека накрая съвсем накратко още веднъж повторим основните изводи:

Изложените количествени резултати на базата на дистанционната спътникова информация от NASA и в качествено отношение от наземните измервания в НИМХ през периода 1989-2001г. с руския филтър озонометър М-124, ни позволяват категорично да заключим, че през последните двадесет години – от 1989г. насам, драстично намаляване на дебелината на озоновия слой над територията на Р.България не е имало. Нещо повече, графиката на фиг.10 за годините от 1996 до 2008г. показва макар и минимална, но положителна, а не отрицателна тенденция. Казано с други думи, за годините, през които в световен мащаб се очакваше достигането на най-ниските стойности на нивата на тотално съдържание на озон в атмосферата, над България концентрацията на озон е била в стабилни граници, вариращи в рамките на годината в установените норми, при средногодишна стойност около и малко над 300 DU.

Тоталното съдържание на озон по наземни измервания през изследваната година август 2008 – юли 2009 по всички характеристики запазва положителните тенденции, забелязани при спътниковите измервания през последните 12 години, а именно:

- постепенно увеличение на средногодишната стойност – достигайки до 310,3 DU за този годишен период;
- постепенно увеличение на годишната амплитуда – достигайки до 47 DU;
- тенденция за слабо отместване на годишния максимум към по-ранна дата от годината;

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

- липса на значима, съществена промяна в краткосрочната изменчивост на тоталното съдържание на озон над територията на Р.България;
- увеличение на средномесечното съдържание на тотален озон в зимните месеци и по-слабо намаление в летните месеци.

Приложение 1

В таблиците са представени всички измервания, извършени с прибора Microtops II през периода юни 2008-юли 2009г.

Неудачни измервания (например поради наличие на облачност) са отбелязани с числото -999.0

Стойностите на тоталния озон (TCO) са в Добсънови единици (DU).

Часът на измерване е в универсално време (по Гринуич). Локалното време за България (съвпадащо със зимното часово време) е + 2 часа. Лятното часово време е универсалното време +3 часа.

DATE	UT	TCO
20.6.2008	10:16:43	340.3
23.6.2008	08:48:42	298.8
24.6.2008	12:25:18	250.9
25.6.2008	07:49:02	323.0
25.6.2008	09:23:53	281.7
25.6.2008	09:24:46	282.1
25.6.2008	09:30:30	-999.0
25.6.2008	10:47:17	276.4
25.6.2008	11:25:11	269.3
26.6.2008	07:47:55	271.2
26.6.2008	08:45:50	274.3
26.6.2008	09:48:29	271.7
26.6.2008	11:19:20	282.8
27.6.2008	08:18:16	268.1
27.6.2008	09:39:23	273.1
30.6.2008	07:52:03	265.5
30.6.2008	09:34:01	270.2
01.7.2008	07:46:08	291.0
01.7.2008	08:46:17	282.3
02.7.2008	08:31:35	272.9
02.7.2008	10:08:19	-999.0
02.7.2008	10:09:01	-999.0
02.7.2008	10:10:32	272.6
02.7.2008	10:11:09	273.7
03.7.2008	08:50:32	286.8
04.7.2008	08:14:02	292.5
07.7.2008	07:45:39	264.6
07.7.2008	07:46:06	282.4
07.7.2008	08:55:41	280.7
08.7.2008	10:51:48	276.2
08.7.2008	10:52:52	279.3
09.7.2008	11:27:42	285.4
09.7.2008	11:28:20	290.1
09.7.2008	11:28:59	286.1
10.7.2008	09:52:47	285.3
10.7.2008	09:53:14	290.2
11.7.2008	09:23:42	289.5
11.7.2008	09:23:59	286.2
14.7.2008	10:19:31	269.9
14.7.2008	10:19:46	269.5
15.7.2008	10:29:13	266.0
15.7.2008	10:29:41	265.4
17.7.2008	08:36:08	275.5
17.7.2008	08:36:41	275.7
18.7.2008	08:45:48	285.0
18.7.2008	08:46:10	284.4

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

21.7.2008	08:40:12	281.7
21.7.2008	08:40:34	281.8
22.7.2008	10:54:16	274.5
29.7.2008	08:33:44	306.3
29.7.2008	08:34:10	306.5
30.7.2008	08:56:29	293.2
31.7.2008	08:26:26	294.4
01.8.2008	08:05:46	285.2
01.8.2008	09:19:45	286.9
01.8.2008	09:26:08	282.9
01.8.2008	09:31:09	291.3
01.8.2008	09:35:46	284.9
01.8.2008	09:41:39	285.7
01.8.2008	09:46:57	276.6
01.8.2008	09:50:40	284.0
01.8.2008	09:56:26	287.4
01.8.2008	10:00:21	287.2
01.8.2008	10:08:23	284.7
01.8.2008	10:11:37	287.0
01.8.2008	10:15:26	285.6
01.8.2008	10:21:08	289.8
01.8.2008	10:25:35	286.2
01.8.2008	10:30:57	285.4
01.9.2008	09:41:52	270.6
01.9.2008	09:42:23	270.0
02.9.2008	10:15:12	269.5
03.9.2008	12:30:44	288.1
04.9.2008	09:25:20	276.5
05.9.2008	09:59:23	264.9
06.9.2008	12:09:26	272.5
07.9.2008	11:27:27	261.1
08.9.2008	10:22:05	254.3
08.9.2008	10:22:31	255.3
10.9.2008	09:34:37	257.1
11.9.2008	09:54:11	257.8
12.9.2008	09:35:14	265.0
12.9.2008	09:35:39	267.0
24.9.2008	09:29:58	282.9
24.9.2008	09:30:26	288.3
29.9.2008	07:57:14	319.9
29.9.2008	09:24:51	319.2
30.9.2008	08:10:38	293.9
01.10.2008	08:29:22	291.3
01.10.2008	08:30:04	286.5
01.10.2008	10:22:56	279.0
02.10.2008	09:43:13	294.3
03.10.2008	09:06:13	292.2
04.10.2008	08:39:39	286.3

06.10.2008	08:54:11	261.4
06.10.2008	08:54:37	259.9
07.10.2008	08:51:29	-999.0
07.10.2008	09:02:30	285.3
07.10.2008	09:03:42	290.5
07.10.2008	09:04:29	287.6
08.10.2008	10:33:57	275.6
08.10.2008	10:34:20	274.9
09.10.2008	08:48:50	271.0
09.10.2008	08:49:17	270.0
10.10.2008	08:28:56	273.5
10.10.2008	08:29:22	273.3
12.10.2008	08:32:41	241.6
12.10.2008	09:03:44	240.7
12.10.2008	09:04:21	-999.0
12.10.2008	09:04:55	-999.0
12.10.2008	10:24:27	240.0
13.10.2008	08:35:15	253.7
13.10.2008	08:35:40	252.8
14.10.2008	08:52:37	273.0
14.10.2008	08:53:02	266.8
15.10.2008	09:08:38	267.1
15.10.2008	09:09:06	268.4
16.10.2008	10:13:32	274.1
16.10.2008	10:14:04	-999.0
16.10.2008	11:32:16	273.4
16.10.2008	11:32:42	273.6
17.10.2008	09:06:39	277.1
20.10.2008	08:48:23	277.8
21.10.2008	10:19:06	272.6
22.10.2008	08:57:48	265.4
22.10.2008	08:58:12	268.4
23.10.2008	09:55:15	256.3
23.10.2008	09:55:40	256.2
24.10.2008	10:47:29	264.7
24.10.2008	10:47:51	265.4
26.10.2008	10:41:01	293.8
26.10.2008	10:52:48	308.8
26.10.2008	10:53:14	309.4
28.10.2008	11:23:02	257.5
28.10.2008	11:23:26	258.2
29.10.2008	09:56:36	274.7
29.10.2008	09:57:40	268.9
30.10.2008	10:24:53	247.1
30.10.2008	10:26:51	243.3
31.10.2008	11:56:00	237.1
31.10.2008	11:56:26	240.4
03.11.2008	11:25:21	252.2

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

03.11.2008	11:25:53	252.0
04.11.2008	11:30:41	238.7
04.11.2008	11:34:01	237.5
05.11.2008	09:46:19	233.7
05.11.2008	09:46:40	232.4
06.11.2008	12:43:57	230.4
06.11.2008	12:44:18	229.1
11.11.2008	09:12:36	292.3
12.11.2008	11:04:46	290.6
13.11.2008	09:11:08	248.6
13.11.2008	09:11:33	250.4
20.11.2008	09:47:00	250.7
20.11.2008	09:47:23	247.8
21.11.2008	11:08:12	295.1
21.11.2008	11:08:35	292.9
23.11.2008	12:04:48	-999.0
24.11.2008	09:45:14	305.0
24.11.2008	09:45:40	299.7
27.11.2008	10:02:30	295.4
27.11.2008	10:02:54	295.0
28.11.2008	10:39:58	264.7
28.11.2008	10:40:18	262.9
01.12.2008	09:34:14	301.0
01.12.2008	09:34:38	298.9
04.12.2008	10:44:31	310.0
04.12.2008	10:44:52	308.8
05.12.2008	10:08:22	315.2
05.12.2008	10:10:14	314.2
09.12.2008	08:58:16	331.9
09.12.2008	08:59:32	325.4
10.12.2008	09:29:07	286.6
10.12.2008	09:29:26	281.3
11.12.2008	09:40:41	293.2
11.12.2008	09:41:05	289.3
17.12.2008	11:33:36	266.7
17.12.2008	11:35:13	265.1
17.12.2008	11:35:36	264.4
22.12.2008	09:22:34	301.9
22.12.2008	09:22:55	300.2
23.12.2008	08:17:01	334.6
23.12.2008	08:17:19	331.7
24.12.2008	12:35:44	297.5
24.12.2008	12:36:55	279.6
26.12.2008	12:43:37	344.7
26.12.2008	12:44:01	352.3
26.12.2008	12:44:57	343.7
29.12.2008	09:06:08	293.7
29.12.2008	09:06:35	291.0

30.12.2008	09:02:46	306.5
30.12.2008	09:03:06	304.6

DATE	UT	TCO
01.1.2009	11:37:53	315.6
01.1.2009	11:38:14	314.8
02.1.2009	11:54:36	308.1
07.1.2009	11:37:51	330.0
07.1.2009	11:38:28	337.2
15.1.2009	12:46:00	293.5
15.1.2009	12:46:23	297.3
17.1.2009	11:41:47	318.9
17.1.2009	11:42:06	318.4
18.1.2009	11:59:24	348.1
18.1.2009	11:59:45	350.2
20.1.2009	08:58:51	305.7
20.1.2009	09:00:24	302.3
26.1.2009	09:54:28	295.2
26.1.2009	09:56:28	296.9
26.1.2009	09:56:59	293.8
26.1.2009	09:57:10	294.5
27.1.2009	09:57:07	307.0
27.1.2009	09:57:28	304.6
04.2.2009	12:31:22	424.3
04.2.2009	12:31:41	417.9
04.2.2009	12:32:06	422.9
04.2.2009	12:32:18	419.8
06.2.2009	10:50:06	307.9
06.2.2009	10:50:26	311.1
10.2.2009	09:53:19	336.6
10.2.2009	09:53:41	335.6
13.2.2009	11:49:28	405.3
16.2.2009	10:56:04	375.1
16.2.2009	10:56:28	371.7
16.2.2009	10:59:03	372.5
16.2.2009	10:59:43	372.7
17.2.2009	10:24:29	381.9
17.2.2009	10:24:49	378.1
23.2.2009	12:47:15	387.4
23.2.2009	12:47:40	352.4
23.2.2009	12:48:26	344.4
24.2.2009	11:48:48	372.4
24.2.2009	11:49:08	370.5
25.2.2009	11:11:21	379.4
25.2.2009	11:11:41	380.0
26.2.2009	11:27:15	385.0
27.2.2009	11:46:49	369.1

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

27.2.2009	11:47:11	368.9
28.2.2009	11:50:48	358.6
05.3.2009	12:34:08	346.9
05.3.2009	12:35:18	340.4
06.3.2009	10:20:30	373.0
06.3.2009	10:20:50	372.2
09.3.2009	10:27:40	302.5
09.3.2009	10:28:04	301.4
14.3.2009	09:09:56	456.9
14.3.2009	09:10:17	454.4
14.3.2009	11:38:34	397.0
14.3.2009	11:39:00	396.5
19.3.2009	08:59:49	390.1
19.3.2009	12:52:54	379.5
19.3.2009	12:53:29	388.5
23.3.2009	13:30:15	390.3
24.3.2009	08:32:12	363.6
24.3.2009	08:32:36	365.7
25.3.2009	14:29:24	391.8
25.3.2009	14:29:46	390.1
26.3.2009	11:17:12	404.4
26.3.2009	11:17:37	404.7
26.3.2009	14:13:40	400.8
27.3.2009	09:13:27	384.7
27.3.2009	09:13:47	384.7
28.3.2009	08:52:13	396.8
28.3.2009	08:52:38	401.8
28.3.2009	10:44:43	359.8
28.3.2009	10:45:20	358.7
30.3.2009	11:46:04	291.6
30.3.2009	11:46:26	296.9
01.4.2009	09:57:26	283.3
01.4.2009	09:57:59	285.3
02.4.2009	09:17:40	294.4
02.4.2009	09:18:08	298.0
03.4.2009	08:23:02	319.1
03.4.2009	08:23:43	322.7
04.4.2009	09:07:11	332.7
04.4.2009	09:07:33	316.2
05.4.2009	08:41:17	339.5
05.4.2009	08:41:42	339.0
07.4.2009	09:22:57	341.0
07.4.2009	09:23:21	342.1
08.4.2009	09:21:44	347.2
08.4.2009	09:22:04	347.3
09.4.2009	08:36:43	345.0
09.4.2009	08:37:12	357.7
10.4.2009	10:10:11	334.7

10.4.2009	10:10:32	336.0
11.4.2009	11:28:59	341.3
11.4.2009	11:29:25	351.4
11.4.2009	11:29:38	643.2
12.4.2009	11:54:15	353.9
12.4.2009	11:54:34	357.3
15.4.2009	13:35:49	355.2
15.4.2009	13:36:17	354.5
16.4.2009	09:54:51	369.9
16.4.2009	09:55:16	368.0
17.4.2009	08:44:03	329.8
17.4.2009	08:44:24	329.6
18.4.2009	07:31:44	349.5
18.4.2009	07:32:05	352.4
23.4.2009	10:31:03	355.7
23.4.2009	10:31:22	352.3
24.4.2009	08:24:38	347.8
24.4.2009	08:25:02	346.3
27.4.2009	10:22:36	317.1
27.4.2009	10:23:28	319.4
03.5.2009	05:30:07	364.6
03.5.2009	05:30:32	362.0
03.5.2009	07:49:18	353.6
03.5.2009	07:49:43	354.9
04.5.2009	10:06:23	366.4
04.5.2009	10:06:42	369.6
05.5.2009	07:24:15	367.3
05.5.2009	07:24:38	358.2
06.5.2009	11:41:17	374.7
06.5.2009	11:41:39	375.5
07.5.2009	10:52:19	328.2
07.5.2009	10:52:38	329.5
08.5.2009	08:40:20	306.9
08.5.2009	08:40:44	308.9
08.5.2009	10:37:59	341.9
08.5.2009	10:38:26	331.0
08.5.2009	10:39:01	336.0
09.5.2009	06:45:58	321.5
09.5.2009	06:46:16	329.4
09.5.2009	06:48:01	408.7
09.5.2009	06:49:13	410.5
09.5.2009	06:50:41	360.5
09.5.2009	06:51:04	362.8
09.5.2009	09:17:56	343.3
09.5.2009	09:18:18	343.5
10.5.2009	08:04:34	334.5
10.5.2009	08:04:51	343.7
11.5.2009	08:19:13	336.3

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

11.5.2009	08:19:35	337.2
12.5.2009	07:28:56	317.6
12.5.2009	07:29:14	318.1
13.5.2009	13:46:45	318.4
13.5.2009	13:47:14	325.5
14.5.2009	08:31:41	295.6
14.5.2009	08:32:08	303.2
15.5.2009	10:49:19	324.6
15.5.2009	10:49:48	331.6
15.5.2009	10:51:09	337.5
16.5.2009	08:40:18	292.4
16.5.2009	08:42:54	284.8
17.5.2009	07:13:14	346.9
17.5.2009	07:13:35	349.0
19.5.2009	09:22:22	305.9
19.5.2009	09:22:49	308.4
20.5.2009	07:47:31	293.5
20.5.2009	07:47:51	292.0
21.5.2009	10:14:49	285.8
21.5.2009	10:15:09	280.2
22.5.2009	08:29:02	288.4
22.5.2009	08:29:23	293.6
23.5.2009	09:11:02	332.5
23.5.2009	09:11:19	333.4
24.5.2009	08:43:48	344.7
24.5.2009	08:44:11	351.0
26.5.2009	09:18:21	316.0
26.5.2009	09:18:44	313.5
27.5.2009	10:03:39	338.4
27.5.2009	10:03:59	338.7
28.5.2009	10:11:26	333.8
28.5.2009	10:11:45	332.2
03.6.2009	08:36:20	321.7
03.6.2009	08:36:38	324.9
04.6.2009	10:36:45	306.3
04.6.2009	10:37:03	306.9
05.6.2009	08:21:30	326.4
05.6.2009	08:21:53	324.6
06.6.2009	11:49:31	296.3
06.6.2009	11:50:02	306.6
07.6.2009	09:01:04	286.6
07.6.2009	09:01:24	286.8
07.6.2009	09:01:36	283.9
08.6.2009	07:25:05	298.2
08.6.2009	07:25:27	300.8
09.6.2009	10:15:03	298.1
09.6.2009	10:15:24	299.5
10.6.2009	08:26:20	297.5

10.6.2009	08:26:40	300.0
11.6.2009	10:36:18	306.3
11.6.2009	10:36:36	306.7
12.6.2009	12:02:22	391.9
12.6.2009	12:02:47	374.4
12.6.2009	12:03:10	367.4
12.6.2009	12:03:37	371.6
12.6.2009	12:04:01	369.1
13.6.2009	07:00:24	302.7
13.6.2009	07:00:44	302.5
14.6.2009	05:55:58	314.1
14.6.2009	05:56:16	309.8
14.6.2009	08:23:49	227.3
14.6.2009	08:24:13	239.0
14.6.2009	08:25:09	222.0
14.6.2009	09:18:14	293.5
14.6.2009	09:18:33	296.2
15.6.2009	10:49:56	239.6
15.6.2009	10:50:16	238.8
16.6.2009	08:59:42	274.0
16.6.2009	09:00:19	280.6
18.6.2009	14:35:07	308.9
18.6.2009	14:35:26	307.1
20.6.2009	07:24:09	298.0
20.6.2009	07:24:26	297.9
21.6.2009	06:42:09	319.1
21.6.2009	06:42:27	316.1
23.6.2009	07:22:05	327.3
23.6.2009	07:22:27	327.0
25.6.2009	07:27:06	327.9
25.6.2009	07:27:32	331.5
26.6.2009	07:37:13	330.6
26.6.2009	07:37:32	330.9
27.6.2009	12:42:08	320.8
27.6.2009	12:42:31	321.4
28.6.2009	08:04:54	327.3
28.6.2009	08:05:13	326.6
29.6.2009	11:54:58	310.6
29.6.2009	11:55:17	311.7
30.6.2009	08:30:34	314.4
30.6.2009	08:30:59	313.4
01.7.2009	09:14:26	311.6
01.7.2009	09:14:44	307.7
02.7.2009	11:27:44	277.0
02.7.2009	11:28:19	269.7
02.7.2009	11:33:18	307.4
02.7.2009	11:34:16	307.8
03.7.2009	08:34:16	310.4

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

03.7.2009	08:34:39	308.6
03.7.2009	08:34:52	304.7
07.7.2009	07:40:42	295.6
07.7.2009	07:41:05	296.7
08.7.2009	07:56:11	300.3
08.7.2009	07:56:37	302.7
08.7.2009	13:01:28	296.6
08.7.2009	13:01:50	298.1
10.7.2009	14:35:29	320.4
10.7.2009	14:35:54	320.7
13.7.2009	08:07:52	297.9
13.7.2009	08:08:10	298.5
14.7.2009	08:15:05	271.2
14.7.2009	08:15:24	269.9
15.7.2009	11:01:32	271.5
15.7.2009	11:01:51	273.5
16.7.2009	08:11:33	234.4
16.7.2009	08:11:54	218.5
17.7.2009	08:25:01	276.2
17.7.2009	08:25:19	277.9
20.7.2009	08:57:46	257.1
20.7.2009	08:58:05	264.0
21.7.2009	08:55:29	255.9
21.7.2009	08:55:48	250.5
22.7.2009	11:01:15	248.7
22.7.2009	11:01:46	247.4
23.7.2009	08:01:26	264.4
23.7.2009	08:01:49	274.3
24.7.2009	08:06:20	276.0
24.7.2009	08:06:42	268.8
25.7.2009	11:32:40	272.6
25.7.2009	11:33:28	256.4
26.7.2009	08:44:40	285.7
26.7.2009	08:45:06	284.0
27.7.2009	13:09:19	307.4
27.7.2009	13:09:49	304.0
29.7.2009	10:09:25	287.3
29.7.2009	10:09:46	288.6
30.7.2009	08:15:07	292.9
30.7.2009	08:15:26	294.7

Приложение 2

В таблицата са представени среднодневните стойности на тоталния озон, получени от измерванията с прибора Microtops II за периода август 2008- юли 2009. Дните, за които липсват данни са маркирани с числото -1.

Година	Месец	Ден	TCO [DU]
2008	8	1	285.7
2008	8	2	-1.0
2008	8	3	-1.0
2008	8	4	-1.0
2008	8	5	-1.0
2008	8	6	-1.0
2008	8	7	-1.0
2008	8	8	-1.0
2008	8	9	-1.0
2008	8	10	-1.0
2008	8	11	-1.0
2008	8	12	-1.0
2008	8	13	-1.0
2008	8	14	-1.0
2008	8	15	-1.0
2008	8	16	-1.0
2008	8	17	-1.0
2008	8	18	-1.0
2008	8	19	-1.0
2008	8	20	-1.0
2008	8	21	-1.0
2008	8	22	-1.0
2008	8	23	-1.0
2008	8	24	-1.0
2008	8	25	-1.0
2008	8	26	-1.0
2008	8	27	-1.0
2008	8	28	-1.0
2008	8	29	-1.0
2008	8	30	-1.0
2008	8	31	-1.0
2008	9	1	270.3
2008	9	2	269.5
2008	9	3	288.1
2008	9	4	276.5
2008	9	5	264.9
2008	9	6	272.5
2008	9	7	261.1
2008	9	8	254.8
2008	9	9	-1.0
2008	9	10	257.1
2008	9	11	257.8
2008	9	12	266.0
2008	9	13	-1.0

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

2008	9	14	-1.0
2008	9	15	-1.0
2008	9	16	-1.0
2008	9	17	-1.0
2008	9	18	-1.0
2008	9	19	-1.0
2008	9	20	-1.0
2008	9	21	-1.0
2008	9	22	-1.0
2008	9	23	-1.0
2008	9	24	285.6
2008	9	25	-1.0
2008	9	26	-1.0
2008	9	27	-1.0
2008	9	28	-1.0
2008	9	29	319.5
2008	9	30	293.9
2008	10	1	285.6
2008	10	2	294.3
2008	10	3	292.2
2008	10	4	286.3
2008	10	5	-1.0
2008	10	6	260.6
2008	10	7	287.8
2008	10	8	275.2
2008	10	9	270.5
2008	10	10	273.4
2008	10	11	-1.0
2008	10	12	240.8
2008	10	13	253.2
2008	10	14	269.9
2008	10	15	267.8
2008	10	16	273.7
2008	10	17	277.1
2008	10	18	-1.0
2008	10	19	-1.0
2008	10	20	277.8
2008	10	21	272.6
2008	10	22	266.9
2008	10	23	256.2
2008	10	24	265.0
2008	10	25	-1.0
2008	10	26	304.0
2008	10	27	-1.0
2008	10	28	257.9
2008	10	29	271.8
2008	10	30	245.2
2008	10	31	238.8
2008	11	1	-1.0
2008	11	2	-1.0
2008	11	3	252.1

Август 2009 г.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

2008	11	4	238.1
2008	11	5	233.0
2008	11	6	229.8
2008	11	7	-1.0
2008	11	8	-1.0
2008	11	9	-1.0
2008	11	10	-1.0
2008	11	11	292.3
2008	11	12	290.6
2008	11	13	249.5
2008	11	14	-1.0
2008	11	15	-1.0
2008	11	16	-1.0
2008	11	17	-1.0
2008	11	18	-1.0
2008	11	19	-1.0
2008	11	20	249.2
2008	11	21	294.0
2008	11	22	-1.0
2008	11	23	-1.0
2008	11	24	302.4
2008	11	25	-1.0
2008	11	26	-1.0
2008	11	27	295.2
2008	11	28	263.8
2008	11	29	-1.0
2008	11	30	-1.0
2008	12	1	300.0
2008	12	2	-1.0
2008	12	3	-1.0
2008	12	4	309.4
2008	12	5	314.7
2008	12	6	-1.0
2008	12	7	-1.0
2008	12	8	-1.0
2008	12	9	328.6
2008	12	10	284.0
2008	12	11	291.2
2008	12	12	-1.0
2008	12	13	-1.0
2008	12	14	-1.0
2008	12	15	-1.0
2008	12	16	-1.0
2008	12	17	265.4
2008	12	18	-1.0
2008	12	19	-1.0
2008	12	20	-1.0
2008	12	21	-1.0
2008	12	22	301.0
2008	12	23	333.2
2008	12	24	288.5

Август 2009 г.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

2008	12	25	-1.0
2008	12	26	346.9
2008	12	27	-1.0
2008	12	28	-1.0
2008	12	29	292.4
2008	12	30	305.5
2008	12	31	-1.0
2009	1	1	315.2
2009	1	2	308.1
2009	1	3	-1.0
2009	1	4	-1.0
2009	1	5	-1.0
2009	1	6	-1.0
2009	1	7	333.6
2009	1	8	-1.0
2009	1	9	-1.0
2009	1	10	-1.0
2009	1	11	-1.0
2009	1	12	-1.0
2009	1	13	-1.0
2009	1	14	-1.0
2009	1	15	295.4
2009	1	16	-1.0
2009	1	17	318.6
2009	1	18	349.2
2009	1	19	-1.0
2009	1	20	304.0
2009	1	21	-1.0
2009	1	22	-1.0
2009	1	23	-1.0
2009	1	24	-1.0
2009	1	25	-1.0
2009	1	26	295.1
2009	1	27	305.8
2009	1	28	-1.0
2009	1	29	-1.0
2009	1	30	-1.0
2009	1	31	-1.0
2009	2	1	-1.0
2009	2	2	-1.0
2009	2	3	-1.0
2009	2	4	421.2
2009	2	5	-1.0
2009	2	6	309.5
2009	2	7	-1.0
2009	2	8	-1.0
2009	2	9	-1.0
2009	2	10	336.1
2009	2	11	-1.0
2009	2	12	-1.0
2009	2	13	405.3

Август 2009 г.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

2009	2	14	-1.0
2009	2	15	-1.0
2009	2	16	373.0
2009	2	17	380.0
2009	2	18	-1.0
2009	2	19	-1.0
2009	2	20	-1.0
2009	2	21	-1.0
2009	2	22	-1.0
2009	2	23	361.4
2009	2	24	371.5
2009	2	25	379.7
2009	2	26	385.0
2009	2	27	369.0
2009	2	28	358.6
2009	3	1	-1.0
2009	3	2	-1.0
2009	3	3	-1.0
2009	3	4	-1.0
2009	3	5	343.6
2009	3	6	372.6
2009	3	7	-1.0
2009	3	8	-1.0
2009	3	9	302.0
2009	3	10	-1.0
2009	3	11	-1.0
2009	3	12	-1.0
2009	3	13	-1.0
2009	3	14	426.2
2009	3	15	-1.0
2009	3	16	-1.0
2009	3	17	-1.0
2009	3	18	-1.0
2009	3	19	386.0
2009	3	20	-1.0
2009	3	21	-1.0
2009	3	22	-1.0
2009	3	23	390.3
2009	3	24	364.7
2009	3	25	391.0
2009	3	26	403.3
2009	3	27	384.7
2009	3	28	379.3
2009	3	29	-1.0
2009	3	30	294.2
2009	3	31	-1.0
2009	4	1	284.3
2009	4	2	296.2
2009	4	3	320.9
2009	4	4	324.5
2009	4	5	339.2

Август 2009 г.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

2009	4	6	-1.0
2009	4	7	341.5
2009	4	8	347.2
2009	4	9	351.4
2009	4	10	335.4
2009	4	11	445.3
2009	4	12	355.6
2009	4	13	-1.0
2009	4	14	-1.0
2009	4	15	354.9
2009	4	16	369.0
2009	4	17	329.7
2009	4	18	351.0
2009	4	19	-1.0
2009	4	20	-1.0
2009	4	21	-1.0
2009	4	22	-1.0
2009	4	23	354.0
2009	4	24	347.0
2009	4	25	-1.0
2009	4	26	-1.0
2009	4	27	318.2
2009	4	28	-1.0
2009	4	29	-1.0
2009	4	30	-1.0
2009	5	1	-1.0
2009	5	2	-1.0
2009	5	3	358.8
2009	5	4	368.0
2009	5	5	362.8
2009	5	6	375.1
2009	5	7	328.9
2009	5	8	324.9
2009	5	9	360.0
2009	5	10	339.1
2009	5	11	336.8
2009	5	12	317.9
2009	5	13	322.0
2009	5	14	299.4
2009	5	15	331.2
2009	5	16	288.6
2009	5	17	348.0
2009	5	18	-1.0
2009	5	19	307.1
2009	5	20	292.8
2009	5	21	283.0
2009	5	22	291.0
2009	5	23	333.0
2009	5	24	347.9
2009	5	25	-1.0
2009	5	26	314.8

Август 2009 г.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

2009	5	27	338.5
2009	5	28	333.0
2009	5	29	-1.0
2009	5	30	-1.0
2009	5	31	-1.0
2009	6	1	-1.0
2009	6	2	-1.0
2009	6	3	323.3
2009	6	4	306.6
2009	6	5	325.5
2009	6	6	301.5
2009	6	7	285.8
2009	6	8	299.5
2009	6	9	298.8
2009	6	10	298.8
2009	6	11	306.5
2009	6	12	374.9
2009	6	13	302.6
2009	6	14	271.7
2009	6	15	239.2
2009	6	16	277.3
2009	6	17	-1.0
2009	6	18	308.0
2009	6	19	-1.0
2009	6	20	298.0
2009	6	21	317.6
2009	6	22	-1.0
2009	6	23	327.1
2009	6	24	-1.0
2009	6	25	329.7
2009	6	26	330.8
2009	6	27	321.1
2009	6	28	327.0
2009	6	29	311.2
2009	6	30	313.9
2009	7	1	309.7
2009	7	2	290.5
2009	7	3	307.9
2009	7	4	-1.0
2009	7	5	-1.0
2009	7	6	-1.0
2009	7	7	296.2
2009	7	8	299.4
2009	7	9	-1.0
2009	7	10	320.5
2009	7	11	-1.0
2009	7	12	-1.0
2009	7	13	298.2
2009	7	14	270.5
2009	7	15	272.5
2009	7	16	226.4

Август 2009 г.

Извършване на изследвания на озоновия слой (стратосферен озон) над територията на България

2009	7	17	277.0
2009	7	18	-1.0
2009	7	19	-1.0
2009	7	20	260.5
2009	7	21	253.2
2009	7	22	248.0
2009	7	23	269.3
2009	7	24	272.4
2009	7	25	264.5
2009	7	26	284.9
2009	7	27	305.7
2009	7	28	-1.0
2009	7	29	288.0
2009	7	30	293.8
2009	7	31	-1.0