

## ВЛИЯНИЕ НА СЛЪНЧЕВАТА АКТИВНОСТ ВЪРХУ ОБЩОТО СЪДЪРЖАНИЕ НА ОЗОНА

**Богдана Мендева, Димитър Кръстев**

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките  
e-mail: bmendeva@abv.bg*

**Ключови думи:** *Слънчева активност, общо съдържание на озона (ОСО), годишен ход на ОСО.*

**Резюме:** *Изследван е отговорът на атмосферния озон на промените в слънчевата активност. За целта са използвани данни за общото съдържание на озона (ОСО) от спътниковите експерименти TOMS-EP и SCIAMACHY над София, България по време на 23-я слънчев цикъл (1997 - 2008 г.).*

*Представен е годишният ход на озона за 2003 г. (максимумът на 23-я цикъл) и той е сравнен с тези за 1997 г. и 2008 г. (минимумите на този цикъл).*

*Слънчевата активност се характеризира с броя на слънчевите петна  $W$ , слънчевия радиопоток на дължина на вълната 10.7 cm ( $F_{10.7}$ ) и  $MgII$  слънчев индекс. Оценката за влиянието на слънчевата активност върху ОСО е направена чрез анализ на озонния отговор на някои отделни случаи на резки промени в хода на  $W$ ,  $F_{10.7}$  и  $Mg II$  в изследвания период.*

## INFLUENCE OF THE SOLAR ACTIVITY ON THE TOTAL OZONE CONTENT

**Bogdana Mendeva, Dimitar Krastev**

*Space Research and Technology Institute - Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: bmendeva@abv.bg*

**Keywords:** *Solar activity, total ozone content (TOC), annual course of TOC.*

**Abstract:** *The response of the ozone in the atmosphere to the solar activity changes has been studied. Data of the total ozone content (TOC) from the satellite experiments TOMS-EP and SCIAMACHY over Sofia, Bulgaria during the 23-rd solar cycle (1997-2008) are used.*

*The annual ozone course in 2003 (maximum of the 23-rd solar cycle) is presented and compared with those for 1997 and 2008 (minima of this cycle).*

*The solar activity is characterized by the sunspot daily numbers  $W$ , the solar radio flux at 10.7 cm ( $F_{10.7}$ ) and the  $MgII$  wing-to-core ratio solar index. The estimation of the influence of the solar activity on the TOC is made by an analysis of the ozone response to some separate cases of sharp changes in the course of  $W$ ,  $F_{10.7}$  and  $Mg II$  in the examined period.*

### Увод

Влиянието на слънчевата активност върху динамиката на атмосферния озон е един спорен въпрос в науката за Земята. Механизмът на връзката озон – слънчева активност е обект на много изследвания [1, 2, 3]. Може да се предположи, че нарастването на ултравиолетовата радиация по време на периоди с висока слънчева активност води до съответно нарастване на концентрацията на озона. Повечето изследователи са получили положителна корелация озон – слънчева активност, други – отрицателна такава. Chandra и McPetters [4] са показали, че около 2% промяна в общото съдържание на озона (ОСО) във високата атмосфера могат да бъдат приписани на промяната в слънчевия УВ поток по време на слънчевия цикъл. Ефектите на слънчевата активност може да зависят от географската ширина, като на големи ширини високоенергетичните частици могат да играят значителна роля. Brasseur [1] е докладвал, че нараствания в слънчевата радиация в интервала 208-265 nm, равни на 3% и 5% предизвикват промени от 1.1% и 1.3% в ОСО на екватора. Тези промени се

увеличават с ширината и достигат до 1.5% и 1.7% в полярните области. Обаче Fleming et al. [5] са получили един положителен 27-дневен отговор на тоталния озон на УВ потока, независимо от ширината, навсякъде в тропиците ( 30° S – 20° N). Tertishnikov [6] и Makarova and Shirochkov [7], получавайки отрицателна корелация озон-слънчева активност, са направили заключението, че нарастналият поток енергетични частици в резултат на повишената слънчева активност би трябвало да увеличи йонизацията в атмосферата и да промени скоростта на химичните реакции, което води до продукция на озоноактивни съединения. Тяхното повишено количество може да предизвика осезаемо намаление на озона.

### Апаратура и методи

Целта на настоящия доклад е да изследва отговора на атмосферния озон на промените в слънчевата активност. За това са използвани данни за общото съдържание на озона (ОСО) от спътниковите експерименти TOMS-EP и SCIAMACHY над София, България по време на 23-я слънчев цикъл (1997-2008 г.).

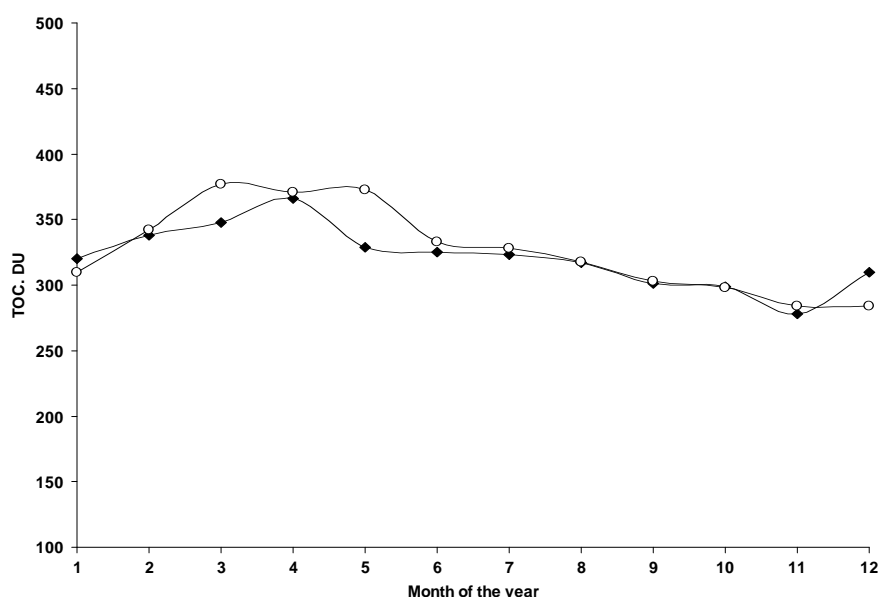
TOMS-EP (Total Ozone Mapping Spectrometer on the Earth Probe satellite) осъществява програмата на NASA за картиране и изследване на глобалното разпределение на озона в земната атмосфера. Неговите измервания покриват близката ултравиолетова област на електромагнитния спектър, където слънчевата радиация частично се поглъща от озона. Интензивността се регистрира в 6 дължини на вълните. TOMS-EP измерва общото съдържание на озона в атмосферен стълб от земната повърхност до границата на високата атмосфера при различни геофизични условия.

SCIAMACHY (SCanning Imaging Absorption SpectroMeter for Atmospheric Chartography) на борда на спътника ENVISAT (ESA) е спектрометър, който провежда глобални измервания на различни trace gases в тропосферата и стратосферата. Данните са получени от апаратурата чрез наблюдение на пропуснатата, обратно разсеяната и отразената радиация от атмосферата в интервала дължини на вълните между 240 nm и 2400 nm. В режим "надир" е наблюдавано глобалното разпределение (стойностите на общото съдържание) на атмосферните trace gases, включително озона.

### Анализ на данните и резултати

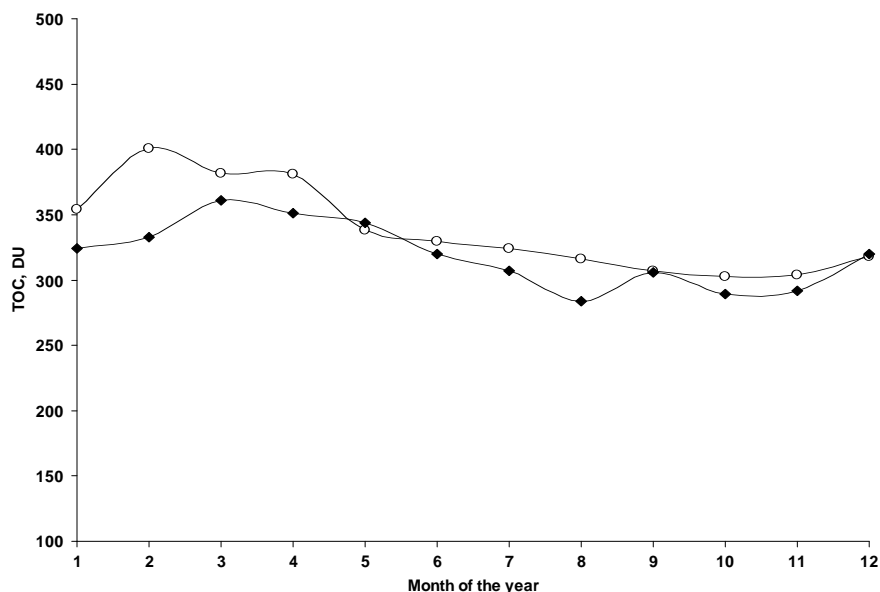
В тази работа ние разглеждаме и сравняваме годишния ход на общото съдържание на озона над България в годините на минимум и максимум на слънчева активност на 23-я слънчев цикъл (1997-2008 г.).

На фиг.1 е представен годишният ход на озона (средномесечни стойности) за 1997 г. (минимум на 23-я слънчев цикъл) и 2003 г.(максимум на този цикъл) по данни от TOMS-EP. Вижда се, че в годината на максимума стойностите на озона са по-високи от тези в годината на минимума, като това е добре изразено в първата половина от годината. Най-големи разлики има през месеците март и май, за които повишението е съответно 29 DU и 44 DU.



Фиг.1. Общото съдържание на озона над България в годините на минимум (1997 - ♦) и максимум (2003 - ○) на 23-я слънчев цикъл по данни от TOMS-EP

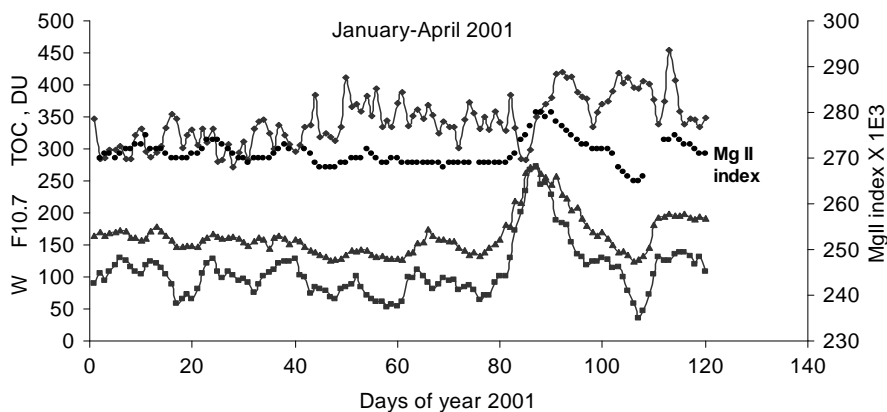
Фиг. 2 показва такова сравнение за 2003 г. (максимум на цикъла) и 2008 г. (минимум) по данни от SCIAMACHY. Тук определено средномесечните стойности на ОСО през цялата година на максимума са по-високи от тези в годината на минимума. Най-големите разлики са през февруари – 68 DU, април – 30 DU и август – 32 DU.



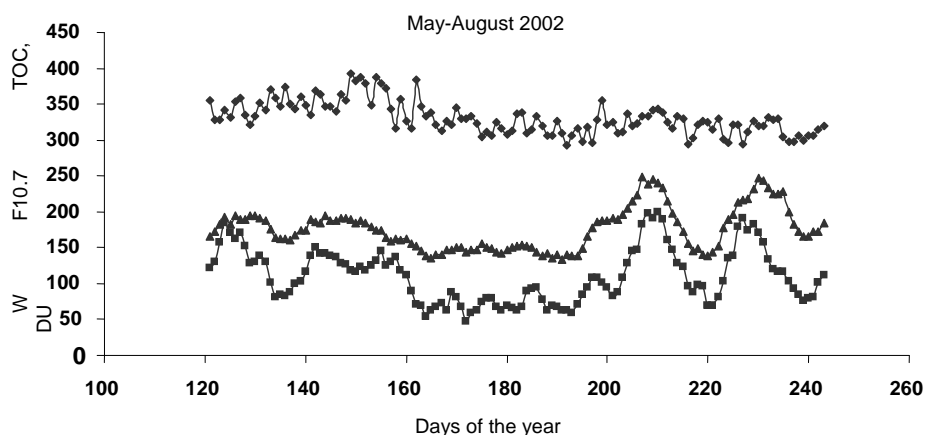
Фиг. 2. Общото съдържание на озона над България в годините на максимум (2003 - ○) и минимум (2008 - ◆) на 23-я слънчев цикъл по данни от SCIAMACHY

Влиянието на слънчевата активност върху ОСО беше изследвано чрез анализ на озонния отговор на резки промени в параметрите, характеризиращи тази активност: броя на слънчевите петна ( $W$ ), слънчевия радиопоток на дължина на вълната 10,7 cm ( $F_{10.7}$ ) и слънчевия индекс  $MgII$ . Броят на петната корелира с наличието върху Слънцето на така наречените “УВ активни области”. Дългосрочният ход на индекса  $MgII$  е подобен на този на  $W$ .

Някои от разгледаните случаи показаха положителна корелация между ОСО и  $W$ ,  $F_{10.7}$ ,  $MgII$ . Например, ходът на четирите параметъра ОСО,  $W$ ,  $F_{10.7}$  и  $MgII$ , определен чрез техните дневни стойности през пролетта на 2001, е показан на фиг.3. След резките повишения на  $W$ ,  $F_{10.7}$  и  $MgII$  се вижда рязко повишение и на ОСО – от 280 до 420 DU с едно фазово забавяне от 4 дни. Този пример демонстрира положителен отговор на озона на слънчевата активност. Намерени бяха и редица случаи, в които резките нараствания на слънчевата активност не предизвикаха промени в ОСО (фиг.4).



Фиг. 3. Пример на положителна корелация между озона (ТОС) и параметрите на слънчевата активност  $W$ ,  $F_{10.7}$ ,  $MgII$



Фиг. 4. Пример на липса на корелация между озона (ТОС) и параметрите на слънчевата активност W, F10.7

Подобни противоположни корелации (положителни и отрицателни) между озона и слънчевата активност са представени в изследванията на Varotsos [8] и Soukharev [2]. В тях озонният отговор на промените в слънчевата активност е свързан с различните фази на квазидвугодишната осцилация (QBO) на зоналните ветрове в екваториалната стратосфера. По време на Западните фази на QBO се наблюдават положителни корелации, а по време на Източните фази – отрицателни такива. Основавайки се на анализа на връзките между индекса на стратосферна циркулация С1, броя на слънчевите петна W и QBO фазата, както и на получената корелация между вариациите на общото съдържание на озона и С1, Soukharev заключава, че връзката слънчев цикъл - QBO – озон се обуславя от динамиката на стратосферната циркулация.

В съответствие с гореказаното, ние бихме могли да предположим, че регистрираните озонни вариации, свързани със слънчевата активност, са предизвикани от различни промени в атмосферната циркулация, породени от слънчевата динамика.

#### Литература:

1. B r a s s e u r, G. The response of the middle atmosphere to long-term and short-term solar variability: a two dimensional model. *Journal of Geophysical Research*, v.98, pp.23079-23090, 1993.
2. S o u k h a r e v, B. The sunspot cycle, the QBO and the total ozone over Northeastern Europe: a connection through the dynamics of stratosphere circulation. *Annales Geophysicae*, v.15, pp.1595-1603, 1997.
3. H o o d, L. L. Effects of solar UV variability on the stratosphere, Pap.J., Fox, P. (Eds.), *Solar Variability and its Effect on the Earth 's Atmosphere and Climate System*, AGU Monograph Series, Washington, DC, pp.283-304, 2004.
4. C h a d r a, S. and R. D. M c P e t e r s. The solar cycle variation of ozone in the stratosphere inferred from Nimbus 7 and NOAA 11 satellites, *Journal of Geophysical Research*, v. 99, pp. 20665-20671, 1994.
5. F l e m i n g, E. L., S. C h a n d r a, C. J a c k m a n et al., The middle atmosphere response to short and long term solar UV variations : Analysis of observations and 2D model results. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, v. 57, pp. 333-365, 1995.
6. T e r t i s h n i k o v, A. V. Otsenki vliania solnechnoy aktivnosti na sodержanie atmosfernogo ozona, *Geomagnetizm I aeronomoa*, V.40, N 3, pp.141-143, 2000. (in Russian).
7. M a k a r o v a, L., A. S h i r o c h k o v. Relation between the ozone density variations and the solar wind dynamics. *Proceedings of QOS-2004*, Island of Kos, Greece, 2004.
8. V a r o t s o s, C. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics* , v.51, pp.367-370, 1989.