

14 ГОДИНИ ИЗМЕРВАНИЯ С УЛТРАВИОЛЕТОВ СКАНИРАЩ СПЕКТРОФОТОМЕТЪР "ФОТОН-2"

Димитър Кръстев, Богдана Мендева

*Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките
e-mail: krastev@gbg.bg*

Ключови думи: ултравиолетово излъчване на Слънцето, общо съдържание на озона, наземни спектрофотометрични измервания

Резюме: В настоящия доклад е представено описанието и принципа на работа на ултравиолетовия сканиращ спектрофотометър "Фотон-2", базиран във Филиала на ИКСИ-БАН в гр.Стара Загора. Уредът измерва директната слънчева радиация в диапазона 255 – 400 nm със стъпка 1 nm. От получените ултравиолетови спектри се определя общото съдържание на озона (ОСО) чрез използване закона на Буге-Ламберт. Показани са резултати за ОСО над България, получени с "Фотон-2", както и сравнението им със спътникови данни (GOME, TOMS-EP).

14 YEARS OF MEASUREMENTS WITH THE PHOTON-2 ULTRAVIOLET SCANNING SPECTROPHOTOMETER

Dimitar Krastev, Bogdana Mendeva

*Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: krastev@gbg.bg*

Abstract: This paper presents the description and the operation principle of the Photon-2 ultraviolet scanning spectrophotometer based at the Stara Zagora Department of the SSTRI-BAS. The instrument measures the direct solar radiation in the range 255–400 nm with 1 nm resolution. The total ozone content (TOC) is determined from the obtained ultraviolet spectra, applying the Bouguer-Lambert law. Results for TOC over Bulgaria obtained with Photon-2 are presented and compared to satellite data (GOME, TOMS-EP).

Увод

Изследванията върху озона започват в първите две десетилетия на XX век. Интересът е предизвикан вследствие развитието на молекулярната спектроскопия. Определени са сеченията на поглъщане на различни газове и на първо място на кислорода. Намерено е, че триатомната молекула на кислорода – озонът, има много силна ивица на поглъщане в диапазона 200 – 300 nm. Още тогава става ясно, макар и не напълно, че озонът поглъща опасната за живота на Земята слънчева ултравиолетова радиация. В Оксфорд, Великобритания през 1924 г. започват първите редовни измервания върху общото количество на атмосферния озон. У нас изследванията на озона започват през 60-те години под ръководството на проф.Румен Божков.

Интересът към темата "озон" взривно нараства след 1985 г. Това става, след като английските учени Фармър, Гардинър и Шанклин съобщават, че по данни от английската антарктическа станция Холи Бей озоният слой над Антарктида е силно изтънял. След тази публикация американските учени преразглеждат данните, получени от метеорологичния спътник NIMBUS и установяват, че озоновата депресия над Антарктида се "усеща" още през 1975 г.

По-късно, след 1997 г. е констатирано, че озоновата депресия се появява и над Арктика, в началото на пролетта над северното полукуълбо. Установено е, че "пропукването на озоният щит" се наблюдава и над Европа и въобще – и над средни ширини. Намерено е, че фреоните,

които масово се емитират в атмосферата от различни клонове на индустрията са основните причинители на озоновата депресия.

Други фактори могат да бъдат полетите на авиацията в горната част на тропосферата и в стратосферата, стартовете на различни ракети, а вероятно и други човешки дейности.

Констатирани са вече ефекти от изтъняването на озоновият слой. Така например, изследователи свързват ежегодната силна тенденция в нарастването на броя на заболявания от рак на кожата в Австралия, с "дупката" над Антарктида. Предполага се, че вследствие на нея, слънчевата ултравиолетова радиация прониква с по-висока интензивност до земната повърхност и предизвиква това заболяване.

Днес могат да се очертаят следните нерешени проблеми при изследването на озона:

1. В глобален мащаб:

- морфологични – до каква степен (по време и пространство) се появява "петниста структура" в озона на средни ширини;
- какъв е характерният размер на петната ?;
- други механизми за антропогенно въздействие (освен фреоните и полетите на авиацията и космонавтиката) върху озоновия слой;
- връзки между промените в общото количество на озона и неговото вертикално разпределение;
- връзки с промените на климата;
- до каква степен сегашната химична замърсеност на атмосферата с различни замърсители ще послужи за бъдещото разрушаване на озона.

2. В регионален мащаб:

- има ли устойчива тенденция в намаляването на озоновото съдържание над България и над Балканите ?
- връзка на локалните и регионални промени с глобалните промени в озона.

Апаратура и метод на измерване

През последните 14 години във Филиала на ИКСИ–БАН в Стара Загора се натрупа доста опит в работата по проблемите на озона – както в инструментално отношение, така и по обработката на наземни и спътникови данни. Основният уред който се използва е ултравиолетов сканиращ спектрофотометър (УСС) "Фотон-2".

Уредът е съвместна разработка на специалисти от Централната лаборатория по слънчево-земни въздействия (сега Институт за космически и слънчево-земни изследвания) и Института по астрономия – БАН. В процес на експлоатация е от 1997 г.

Уредът е предназначен за измерване на директната слънчева ултравиолетова радиация, което налага прецизно следене на Слънцето. В качеството на слънчево-следяща система се използва паралактичната установка за водене на телескопа във Филиала на ИКСИ в Стара Загора.

УСС "Фотон-2" се състои от 4 основни блока:

- Блок "Датчик";
- Блок "Управление";
- Блок "Захранване";
- Персонален компютър.

Накратко ще бъдат разгледани състава и принципа на работа на отделните блокове.

1. Блок "Датчик".

Според оптичната си схема уреда представлява модифициран Сейа-Намиока монохроматор. Полезрението на уреда се определя от обектив и входен процеп. Преминаващата през тях светлина попада на сферично вдлъбната холографска дифракционна решетка. Диспергираната светлина попада на изходния процеп, който отделя монохроматична светлина, регистрираща се от фотоумножител, работещ в режим на броене на фотони. Сканирането по спектъра се осъществява чрез завъртането на дифракционната решетка на определен ъгъл, с център на въртене, съвпадащ с центъра на сферичната повърхност. Необходимата точност на завъртане на решетката се осъществява от прецизен сканиращ механизъм. Стъпките на сканиране са 144 в спектралния диапазон 255 – 400 nm с разделителна способност 1 nm и точност на позициониране 0.2 nm.

Дифракционната решетка, производство на фирмата "Jobin-Yvon" е вдлъбната с радиус на кривината 224 mm, брой на штрихите – 1200/mm и покритие Al+MgF₂.

Фотоелектронният умножител е с катод от MgF₂ и има диапазон на спектрална чувствителност от 150 до 400 nm.

2. Блок “Управление”.

Това е основният блок на спектрофотометъра, който осъществява цялостното управление на уреда, обработката и предаването на получената информация от измерванията. Получените от фотоумножителя импулси се усилват и дискриминират с цел да се премахнат паразитните импулси от тъмновия ток. Тези импулси се подават на броячен възел с капацитет 16777215 импулса. Така получената информация се прочита от микроконтролера на системата, който я формира във файл от данни, съгласно зададения режим на работа. Освен това микроконтролерът чете текущата позиция и управлява стъпковия двигател на сканиращия механизъм на дифракционната решетка. За целта са предвидени датчици за начало и край на цикъла, както и датчик на стъпката.

3. Блок “Захранване”.

Чрез този блок се осигуряват всички захранващи напрежения, необходими за работата на отделните блокове на УСС “Фотон-2”.

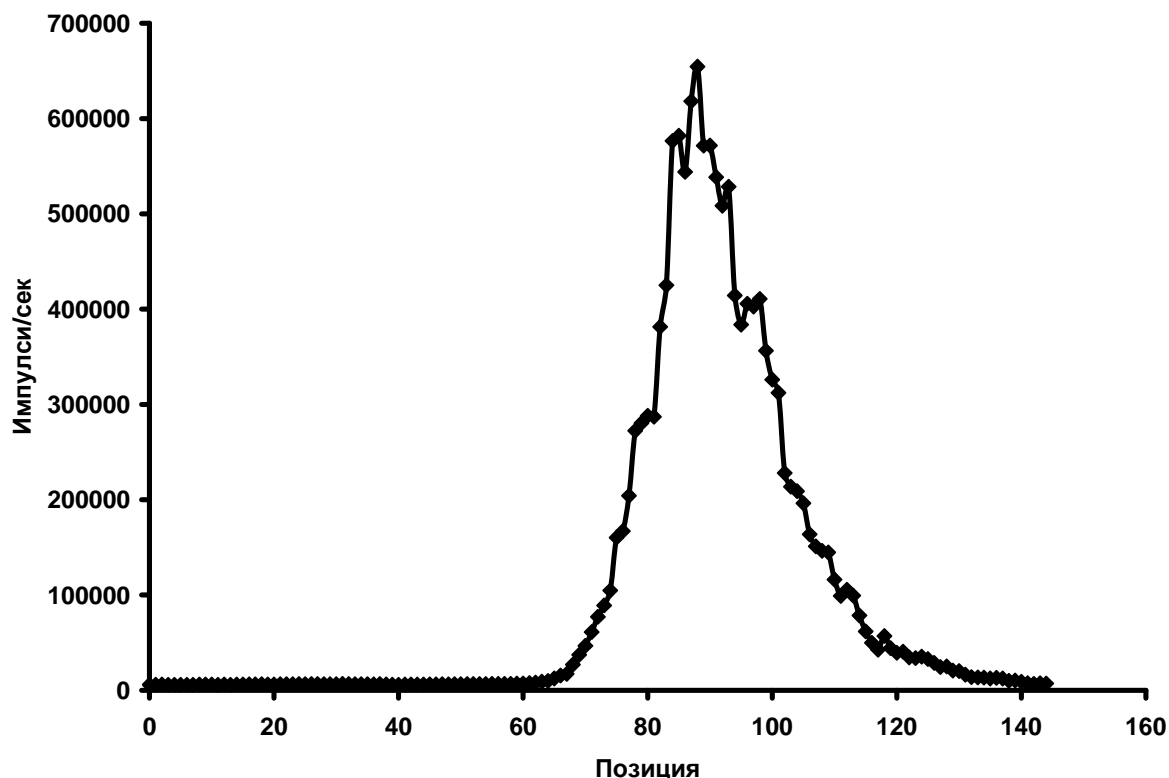
4. Персонален компютър.

Получените от измерването данни се прехвърлят от блок “Управление” в персоналния компютър по асинхронна линия (RS-232). За управлението на режимите на работа на УСС “Фотон-2” и трансфера на данни е разработен програмният продукт SDM (**S**pectrophotometer **D**ata **M**anager). Режимите на работа на УСС “Фотон-2” са следните:

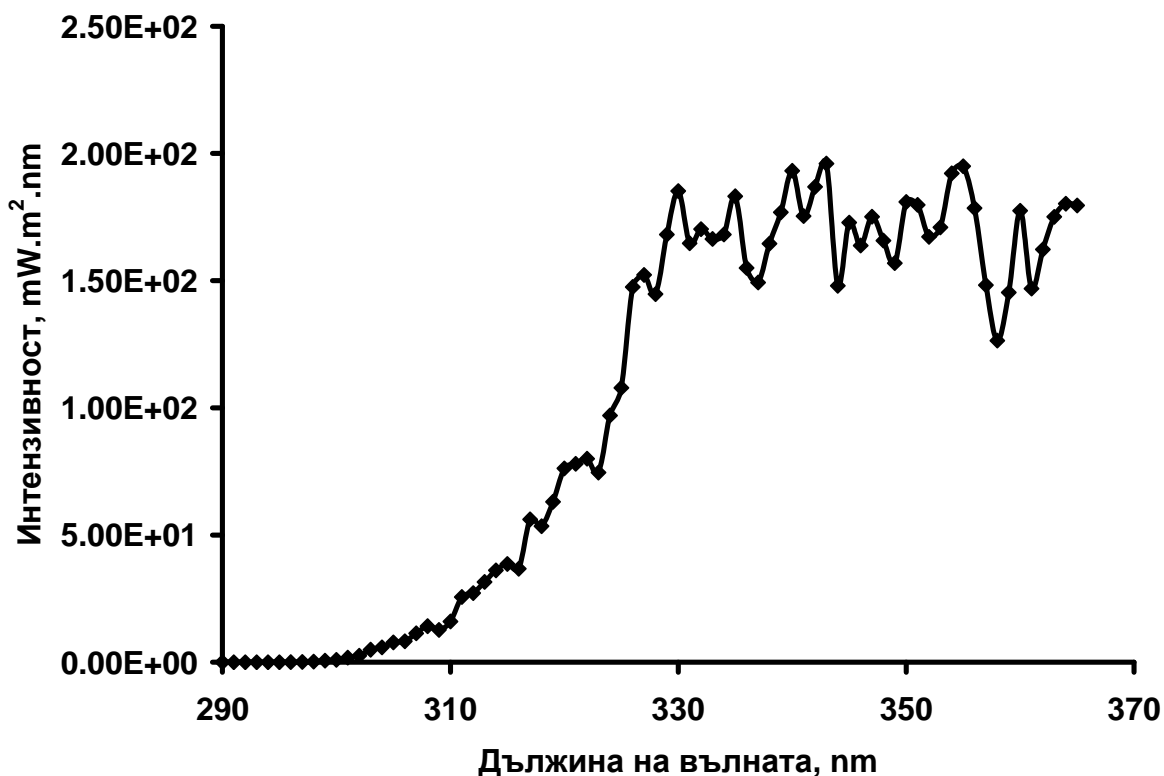
- Непрекъснато сканиране по спектъра. В този режим се сканират всичките 144 позиции на дифракционната решетка.

- Избирателно сканиране. Дава се възможност да се зададе спектрален диапазон на измерване като се укаже началната и крайната позиция. Като частен случай може да се използва за сканиране на фиксирана дължина на вълната.

На фиг. 1 е показана типична крива от необработените данни от УСС “Фотон-2”, а на фиг. 2 – директен слънчев спектър, получен след обработката на данните с калибровъчната характеристика.



Фиг. 1. Типична крива от необработените данни от УСС “Фотон-2”



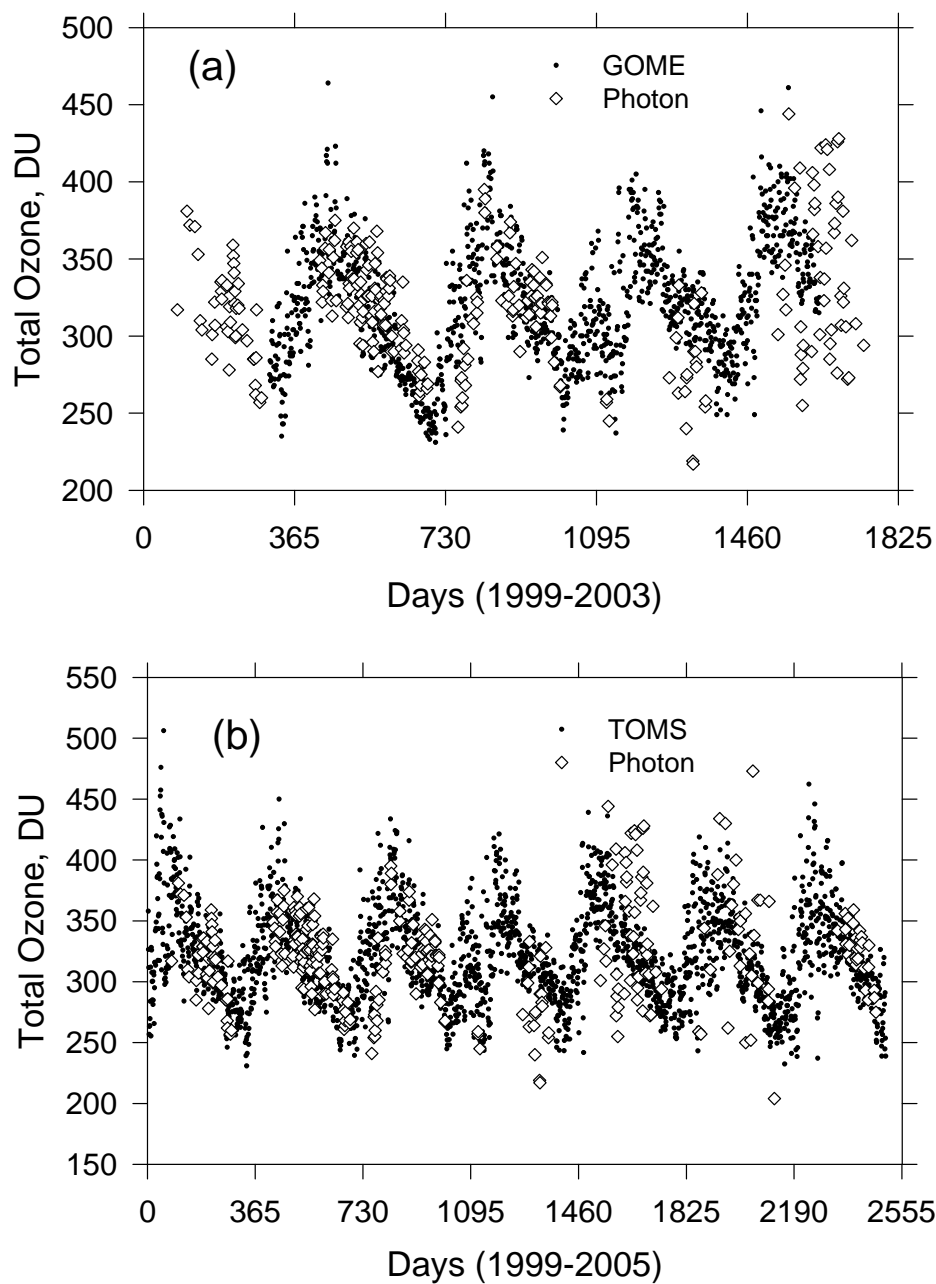
Фиг. 2. Директен слънчев спектър при зенитен ъгъл на Слънцето $z = 40^\circ$

За определяне на общото съдържание на озона (ОСО) по поглъщането на прякото слънчево лъчение в определени участъци от спектъра използваме закона на Bouguer-Lambert. Той описва отслабването на слънчевия лъч с дължина на вълната λ при неговото преминаване през земната атмосфера:

$$(1) \quad I(\lambda) = I_0(\lambda) e^{-\alpha(\lambda) d \sec(z)}$$

Тук $I(\lambda)$ е интензитетът на слънчевото излъчване с дължина λ , измерен на земната повърхност, $I_0(\lambda)$ – съответното лъчение, измерено на границата на земната атмосфера, z - зенитното отстояние на Слънцето, d - дължината на пътя на слънчевия лъч в атмосферата, $\alpha(\lambda)$ – общият коефициент на отслабване на излъчването в атмосферата, който е сума от коефициентите на поглъщане на озона, релеевското и μ -разсейването. За да се доведат до минимум грешките, свързани с неточното определяне на молекулярното разсейване, ние използваме 20 двойки дължини на вълни.

УСС "Фотон-2" е калибриран в Солун, Гърция. Направено беше сравнение между данните, получени от УСС "Фотон-2" и спътникови данни от уреда GOME, монтиран на спътника ERS-2 за периода 1999–2003 г. и от уреда TOMS за периода 1999–2005 г. (Фиг. 3). Наблюдава се добра корелация между получените резултати.



Фиг. 3. Вариации на ОСО, измерени с УСС "Фотон-2" (◊) показани заедно с данни от (а) GOME на спътника ERS-2 (●) за периода 1999 – 2003 г. и с данни от (б) TOMS (●) за периода 1999 – 2005 г.

Литература:

1. G o g o s h e v, M., B. П е т к о в, T s. G o g o s h e v a. Measuring the spectrum of the biological active UV radiation and specifying the total ozone content. Bulg.Geophys.Journal, v.XX, 4, 1994, 33.
2. К р ъ с т е в, Д., Б. П е т к о в, Б. К о м и т о в, Ц. Г о г о ш е в а. Ултравioletов сканиращ спектрофотометър "Фотон-2". Режим на работа. Характеристики. Сборник доклади на Четвъртата национална конференция по основни проблеми на слънчево-земните въздействия, София, 1997, 65.