

## ИЗМЕРВАНИЯ НА СПЕКТЪРА НА ВИСОКАТА АТМОСФЕРА НА ЗЕМЯТА В ОБЛАСТТА НА ВАКУУМНИЯ УЛТРАВИОЛЕТ СЪС СПЕКТРОМЕТЪРА “ФОТОН-1” НА БОРДА НА “ИК-БЪЛГАРИЯ-1300”

Богдана Мендева<sup>1</sup>, Митко Гогошев, Стоян Съргойчев, Иван Мендев

<sup>1</sup>Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките  
e-mail: bmendeva@abv.bg

**Ключови думи:** УВ атмосферни емисии, сканиращ спектрометър.

**Резюме:** Докладът представя някои резултати, получени със сканиращия спектрометър “Фотон-1” на борда на спътника “Интеркосмос- “България-1300”. Уредът, част от оптичния комплекс на този спътник, измерва спектъра на високата земна атмосфера в интервала 116-260 nm. Представени са типични нощни и дневни спектри. Идентифицирани са линии, чиято интензивност е поне двукратно по-висока от тази на апаратурния фон. Извън всякакво съмнение е присъствието на линиите  $L_{\lambda}$  (121.6 nm), OI (130.4 nm), OI (135.6 nm), LBH (149.0 nm), HK (0,2), VK(0,4) на молекулата  $N_2$ . Отношението на интензивностите 130.4 nm / 135.6 nm на голям брой от измерените нощни спектри не надвишава 6 и то силно зависи от зенитния ъгъл на Слънцето. Характерът на поведението и високите стойности на интензивността в дневния спектър показват, че освен собствени емисии значителна част от лъчението представлява слънчева радиация, отразена от високата атмосфера чрез релеевско разсейване.

## MEASUREMENTS OF EARTH'S UPPER ATMOSPHERE SPECTRUM IN THE VACUUM UV REGION WITH PHOTON-1 SPECTROMETER ONBOARD IC-BULGARIA-1300

Bogdana Mendeva<sup>1</sup>, Mitko Gogoshev, Stoyan Sargoychev, Ivan Mendev

<sup>1</sup>Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: bmendeva@abv.bg

**Keywords:** UV atmosphere emissions, scanning spectrometer.

**Abstract:** This paper presents some results obtained from the scanning spectrometer Photon-1 onboard Intercosmos-Bulgaria-1300 satellite. The apparatus, a part of the optical complex of this satellite, measures the spectrum of the Earth's upper atmosphere in the range 116-260 nm. Typical night and dayglow spectra are presented. Lines whose intensity is at least twice higher than that of the apparatus background are identified. The presence of the lines  $L_{\lambda}$  (121.6 nm), OI (130.4 nm), OI (135.6 nm), LBH (149.0 nm), HK (0,2), VK(0,4) of the molecule  $N_2$  is beyond any doubt. The intensity ratio of 130.4 nm / 135.6 nm of the measured scores of night spectra do not exceed 6 and it strongly depends on the solar zenith angle. The character of the behaviour and the high values of the intensity in the day spectrum indicate that, besides their own emissions, solar radiation reflected by the upper atmosphere through Rayleigh scattering, accounts for much of the glow.

### Увод

Оптичният, видим спектър на силно разредената висока атмосфера на Земята (над 30 km) представлява суперпозиция от непрекъснат спектър със средна яркост около 15 R/nm ( $R$  – rayleigh,  $1 R=10^6$  photons/sm<sup>2</sup>.sec.ster) и наложени върху него емисионни ивици и линии, главно на  $O_2$ ,  $N_2$ , NO, O, N, H. До началото на космическите полети практически нищо не се е знаело за късовълновата част на спектъра на атмосферата (под 380 nm). След това ракетни и спътникови измервания постепенно са свеждали долната граница на изследвания спектър към

по-късовълнови лъчения. Точната идентификация на спектралните лъчения, обаче, е била ограничена от трудности главно от експериментален характер. Така например, първите измервания са били на базата на йонизационни камери, в които спектралната селекция се е извършвала с твърде широкоивични филтри, например такива от LiF, MgF<sub>2</sub> или CaF<sub>2</sub> с полуширина от няколко десетки до стотици нанометра.

Изключително трудни са, обаче, измерванията в областта на вакуумния ултравиолет (110-180 nm), поради необходимостта от наблюдения извън плътните атмосферни слоеве и от използването на по-специална техника в условията на космическия полет. На борда на спътниците от серията OGO [1], както и на ESRO-TD-1 [2], наред с фотометричната апаратура за измерване на ултравиолетовото лъчение на базата на йонизационни камери, се използват и спектрометри, покриващи различни части от този спектрален диапазон. Изключително важно е, също така, създаването на спектрометрична апаратура, позволяваща едновременно регистрацията както на нощните спектри, така и на тези, емитирани от дневната атмосфера.

### Апаратура

В рамките на космическия проект "Интеркосмос - "България-1300" за решаване на различни задачи в областта на изследване влиянието на магнитосферата върху йоносферата, в Централната лаборатория за космически изследвания на БАН беше създадена сканиращата спектрометрична апаратура "Фотон-1". Разработката е защитена с авторски свидетелства [3,4], а подробното описание на апаратурата е дадено в [5].

Спектралният диапазон на уреда е 115 - 260 nm. Електромеханичното сканиране (чрез въртене на решетката) се извършва със стъпка 1 nm и по този начин се сканират последователно 144 отделни интервала. Номиналното разрешение на уреда, при процеп 0.5 nm, обаче, е приблизително 2 nm. След достигане на крайната позиция ( $\lambda_{\max} = 260$  nm) сканерът реверсира и измерването се извършва в обратен ред. В края на всяко едно измерване чрез сигнал, подаван от електронния блок, се включва еталонен, калиброван на Земята, светлинния източник (светодиод), работещ при стабилизирано напрежение. Светлинният сигнал от него се измерва от спектрометъра и служи за проверка на целия усилителен тракт. Освен нормалния непрекъснат режим на работа, по команда от блока за управление "Фотон-1" преминава в селективен мод на работа, при който се измерва интензивността в следните предварително избрани спектрални линии:  $\lambda$  130.4, 135.6, 227.0 nm, както и на спектралния фон около тях. Това е направено с цел съкращаване времето на заснемане на целия спектър от 288 до 54 sec. Чувствителността на апаратурата в линията  $L_{\lambda}$  е 12.5 R/count/sec. Динамичният диапазон на уреда е  $10^6$ . Цялата информация излиза в дигитален вид и се предава на Земята чрез спътниковата телеметрична система.

### Резултати и дискусия

Типичен спектър на нощната неосветена атмосфера на Земята, получен с ултравиолетовия спектрометър "Фотон-1" в непрекъснат режим на сканиране на орбита 213 от 22 август 1981 г., е показан на фиг.1.

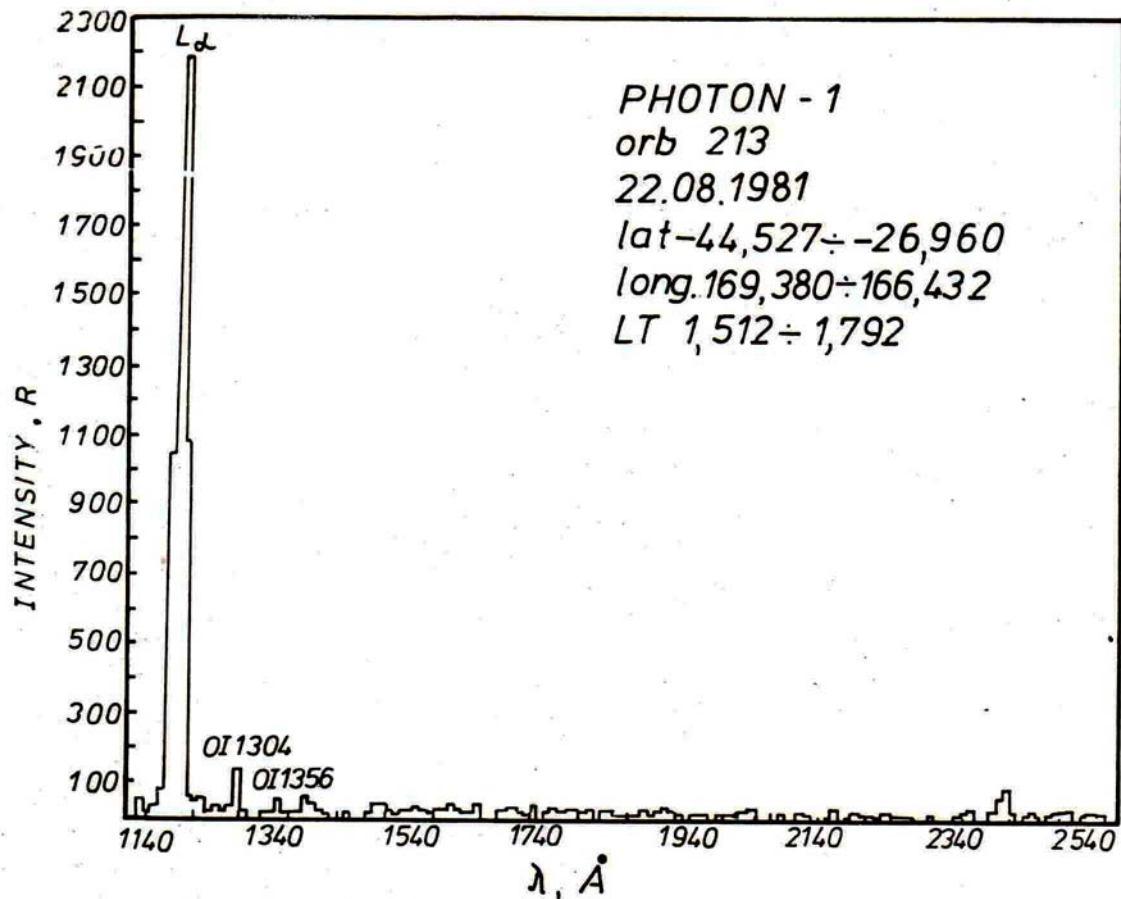
В табл.1, направена на базата на редица нощни спектри, са показани основните наблюдавани емисии, както и тяхната първична идентификация. Идентифицирани са линии, чиято интензивност е най-малко 2 пъти по-висока от тази на апаратурния фон. Извън всякакво съмнение е присъствието на лииите  $L_{\lambda}$  (121.6 nm), OI (130.4 nm), OI (135.6 nm), LBH (149.0 nm), НК(0,2), VK(0,4) на молекулата N<sub>2</sub>.

Както се вижда, линията  $L_{\lambda}$  се наблюдава навсякъде с интензивности, значително надвишаващи тези на фона. На средни ширини е трудно детектирането на двете кислородни линии, докато в областта на тропичните дъги и в полярните райони възбуждането на кислородните атоми до ниво съответно <sup>3</sup>S и <sup>5</sup>S е със значително по-голяма вероятност.

Измереното по няколко десетки нощни спектри, получени от "Фотон-1", отношение на интензивността на линията 130.4 nm към тази на 135.6 nm не надхвърля 6, което е в добро съгласие с теорията на излъчване на тези линии, както е показано в [6]. Също там е показано, че това отношение има силна зависимост от зенитния ъгъл на Слънцето.

На фиг.2 са показани няколко дневни спектъра, получени по време на орбита 90 от 13 август 1981 г. при различни слънчеви зенитни ъгли. Сравнението на дневните (фиг.2) и нощните спектри (фиг.1) показва съществена разлика между тях.

Например, ако разгледаме дневен спектър № 1, получен при зенитен ъгъл на Слънцето 35°, ще установим, че в областта на вакуумния ултравиолет интензивността на

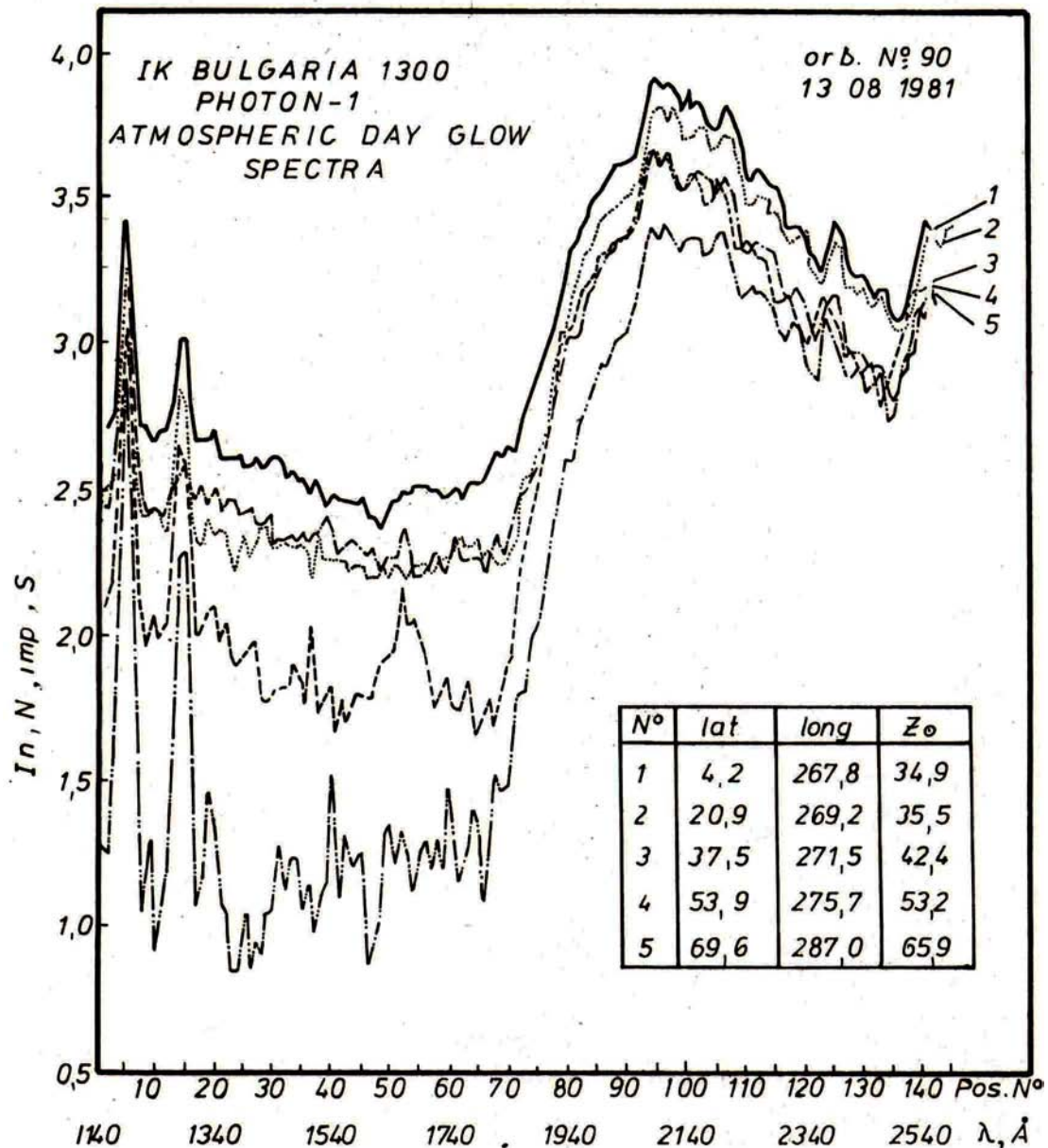


Фиг. 1. Нощен УВ спектър

Position No	Wavelength nm	Emission	Transition	Spectrum No 1		Spectrum No 2(polar)	
				Intensity imp/sec	Intensity [R]	Intensity imp/sec	Intensity [R]
5	121.6	L $\alpha$ HI	2p $^2P$ —1s $^2S$	132	1650	137	1712
14	130.4	OI	2s $^3S^o$ —2p $^1P$	—	—	13	186
19	135.6	OI	3s $^5S^o$ —2p $^3P$	—	—	12	137
23	139.0	LBH* N $_2$ (?)	a $^1\Pi_g$ —X $^1\Sigma_g$	5	64	—	—
27	143.0	LBH (2.1) N $_2$	a $^1\Pi_g$ —X $^1\Sigma_g$	4	49	10	121
30	146.0	LBH (1.1) N $_2$	a $^1\Pi_g$ —X $^1\Sigma_g$	—	—	12	126
32	149.0	LBH (3.3) N $_2$	a $^1\Pi_g$ —X $^1\Sigma_g$	—	—	—	—
43	159.0	or NI LBH ( $\Delta V=3$ ) N $_2$	or 3s $^2P$ —2p $^3D^o$	—	—	9	80
63	179.0	NI or LBH ( $\Delta V=5$ ) N $_2$	a $^1\Pi_g$ —X $^1\Sigma_g$	—	—	10	66
78	194.0	—	... or a $^1\Pi_g$ —X $^1\Sigma_g$	—	—	12	86
84	200.0	—	—	—	—	8	51
89	205.0	LBH (4.12) (4.13) N $_2$	a $^1\Pi_g$ —X $^1\Sigma_g$	—	—	8	50
96	212.0	LBH (5.14) N $_2$	a $^1\Pi_g$ —X $^1\Sigma_g$	—	—	8	49
106	222.0	or NO $\gamma$ (1.0)	or A $^3\Sigma$ —X $^3\Pi$	—	—	6	35
108	224.0	HK** (0.1) N $_2$	E $^3\Sigma_g^+$ — $^3\Sigma_u^+$	—	—	9	52
113—116	229.0—232.0	HK (0.2) N $_2$	E $^3\Sigma_g^+$ —A $^3\Sigma_u^+$	—	—	19	107
116—118	232.0—234.0	VK*** (0.3) N $_2$	A $^3\Sigma_u$ —X $^1\Sigma_g$	12	64	26	145
125—126	241.0—242.0	second order of L $\alpha$	—	—	—	27	144
130	246.0	VK (0.4) N $_2$	A $^3\Sigma_u$ —X $^1g$	—	—	24	127

\* LBN — Layman-Birge-Nopfield band  
 \*\* NK — Herman-Kaplan band  
 \*\*\* VK — Vegard-Kaplan band

Табл. 1. Основни наблюдавани УВ емисии в нощната атмосфера



Фиг. 2. Дневни УВ спектри

дневния спектър е приблизително на 4 порядъка по-висока от тази на нощния. При спектър № 5 (зенитен ъгъл на Слънцето  $66^\circ$ ) тази разлика е 3 порядъка. В тази част на спектъра отчетливо изпъкват водородната линия  $L_\lambda$  (121.6 nm), както и двете кислородни линии OI (130.4 nm) и OI (135.6 nm), които се идентифицират и при нощните спектри. Заедно с това, обаче, в дневните спектри се наблюдават и редица емисии, които отсъстват в нощните. Така например, в спектри № 3 и № 4 се вижда интензивно лъчение на дължина 169.0 nm, а в спектър № 5 – лъчение на 156.0 nm и 176.0 nm.

Характерът на поведението и високите стойности на интензивността в дневния спектър показват, че освен собствени емисии значителна част от лъчението представлява слънчева радиация, отразена от високата атмосфера чрез релеево разсейване. От 210 nm започва забележима абсорбция, чийто максимум се достига на дължина на вълната около 250 nm. След това абсорбцията намалява към по-големите дължини на вълната. Това поглъщане е причинено от молекулата на атмосферния озон в ивицата на Hartley между 200 и 300 nm с максимум около 250 nm. Сечението на поглъщане в максимума е приблизително  $1.10 \cdot 10^{-17} \text{ cm}^2$ . В част от спектъра има и поглъщане от  $O_2$  в континуума на Herzberg, но със значително по-малка ефективност, тъй като сеченията на поглъщане са по-малки от  $1.10 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^2$ .

По поглъщането в определени линии от ивицата на Hartley беше определено вертикалното разпределение на озона в неговата надмаксимумна част [7], което съответства на други експериментални измервания.

#### **Литература:**

1. Barth, C. A., E. F. Mackey. IEEE Trans.Geost.Elec., 7, p.114, 1969.
2. Gerard, J. C. Planet. Space Sci., 23, p.1681, 1975.
3. Съргойчев, Ст., М. Гогошев. Авт. свид. ИНРА, София, N 53286/13.08.81.
4. Съргойчев, Ст., Т. Ставраков, Ж. Динев. Авт. свид. ИНРА, София, N 30431/7.08.81
5. Sargoychev, St., M. Gogoshev. Compt. rend. Acad. bulg. Sci., 35, p.459, 1982.
6. Gogoshev, M., K. Serafimov, I. Mendev, I. Kutlev, St. Sargoychev. Ibid, 35, 8, p.1969, 1982.
7. Gogoshev, M., St. Sargoychev, B. Komitov, I. Mendev, B. Taneva, V. Balebanov, L. Smirnova, V. Kurt, T. Perevodchikova. Paper presented at XXIV COSPAR Meeting, Canada, 1982.

