

## ВРЕМЕВИ ВАРИАЦИИ НА ПОТОКА ГАЛАКТИЧНИ КОСМИЧНИ ЛЪЧИ, ИЗМЕРЕН ОТ ПРИБОРА ЛЮЛИН – МО НА НАУЧНА ОРБИТА ОКОЛО МАРС

Красимир Кръстев<sup>1</sup>, Йорданка Семкова<sup>1</sup>, Росица Колева<sup>1</sup>, Виктор Бенгин<sup>2</sup>,  
Сергей Дробишев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките

<sup>2</sup>Институт медико-биологических проблем – Российской академии наук

e-mail: krastev.kras@yandex.ru

**Ключови думи:** Поток на галактични космични лъчи ГКЛ, алbedo

**Резюме:** В настоящата работа са представени данните получени от прибора LIULIN - MO за времето за което той се намира на научна орбита около Марс. Сравнително дългият интервал от време през който прибора получава данни, позволява да се проследи зависимостта между интензитета на галактичните космични лъчи и слънчевата активност – основен фактор за изменението на този интензитет.

## TEMPORAL VARIATIONS OF THE MEASURED FLUXES OF GALACTIC COSMIC RAYS IN MARS ORBIT BY LIULIN-MO INSTRUMENT

Krasimir Krastev<sup>1</sup>, Jordanka Semkova<sup>1</sup>, Rositca Koleva<sup>1</sup>, Viktor Benghin<sup>2</sup>, Sergej Drobishev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Space Research and Technology Institute – BAS, Sofia, Bulgaria

<sup>2</sup>Institute of Biomedical Problems – RAS, Moscow, Russia

e-mail: krastev.kras@yandex.ru

**Keywords:** Galactic cosmic ray flux, albedo

**Abstract:** This paper presents data obtained by the LIULIN - MO instrument when it is in scientific orbit around Mars. The relatively long time interval during which the instrument works allows one to trace the relationship between the intensity of galactic cosmic rays and solar activity - a major factor of the change of this intensity.

### Въведение

Приборите от серията LIULIN са предназначени за измерване на космическата радиация и радиационния риск при космонавтите. Приборът FRIEND [1] в който се включва LIULIN-MO [2] е част от ExoMars Trace Gas Orbiter – научен комплекс за изследване на марсианската атмосфера. TGO беше изведен на марсианска орбита на 19.10.2016. През април 2018, TGO бе въведен на научна орбита – приблизително кръгова, на 400 km височина, с период два часа. При анализа и съпоставката на получените данни трябва да се има предвид, че те в немалка степен се различават от тези в свободното пространство. Измереният поток галактични космични лъчи ГКЛ, от една страна се различава от истинския главно заради екраниращото действие на Марс, а от друга заради отразения и разсеян поток от повърхността и атмосферата на планетата, така нареченото алbedo.

### Зависимост между измерените и реалните стойности на потоците галактични космични лъчи

Основната идея, която се използва при извода на аналитичната зависимост между измерен и реален поток е представена на фиг. 1. Считайки размерите на детектора пренебрежими спрямо Марс, за коефициента на засенчване  $K_{sh}$  се получават следните изрази:

$$(1) \quad F_{sh} = \int_0^{2\pi} \int_0^{\theta_1} J(\theta, \varphi) |\cos \theta'| \sin \theta d\theta d\varphi, \quad K_{sh} = \frac{F_{sh}}{2\pi J(\theta, \varphi)},$$

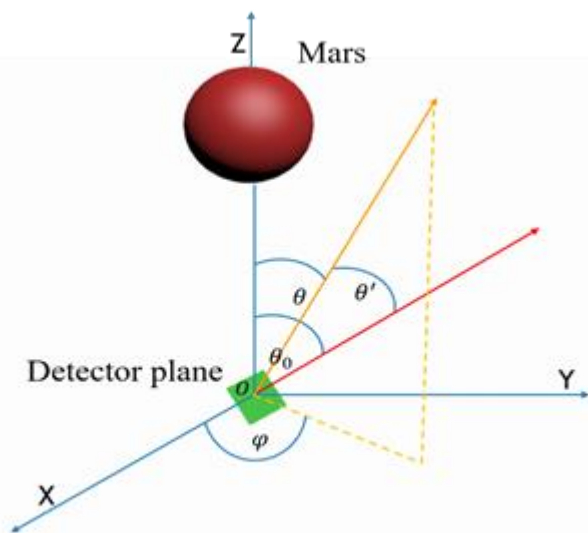
където  $\theta'$  е ъгълът между равнината на детектора и диференциалния поток,

$$\sin \theta_1 = \frac{\text{радиуса на Марс}}{\text{разстоянието до Марс}}, \quad \theta_0 \text{ е ъгълът между равнината на детектора и надира.}$$

Нека в  $i$ -я момент от време е измерена стойността  $f(i)$  за потока ГКЛ. Връзката между измерения поток  $f(i)$  и този в междупланетното пространство  $F(i)$  се дава от израза:

$$(2) \quad f(i) = F(i)(1 - K_{sh}(i)) + \Phi(i)K_{sh}(i)$$

тук  $\Phi(i)$  е сумарният поток отразен от повърхността и атмосферата на Марс.



Фиг. 1. Геометрия на системата LIULIN-MO - Марс

Ако запишем последното уравнение за два последователни момента от време, ще получим системата уравнения:

$$(3) \quad f(i) = F(i)(1 - K_{sh}(i)) + \Phi(i)K_{sh}(i)$$

$$(4) \quad f(i+1) = F(i+1)(1 - K_{sh}(i+1)) + \Phi(i+1)K_{sh}(i+1)$$

$$(5) \quad \Phi(i+1)F(i) = F(i+1)\Phi(i)$$

Последното от уравненията се получава от предположението, че отразеният поток (албедото) е пропорционален на потока ГКЛ. Тук неизвестните величини са четири:  $F(i)$ ,  $F(i+1)$ ,  $\Phi(i)$ ,  $\Phi(i+1)$ . Приемайки някое от неизвестните за параметър например  $F(i)$ , може да изразим останалите неизвестни чрез него. Максималното значение, което може да приема  $F(i)$  се определя от това, че стойността на албедото трябва да е положителна стойност. От предишните съображения за  $F(i)$  -- максимална получаваме:

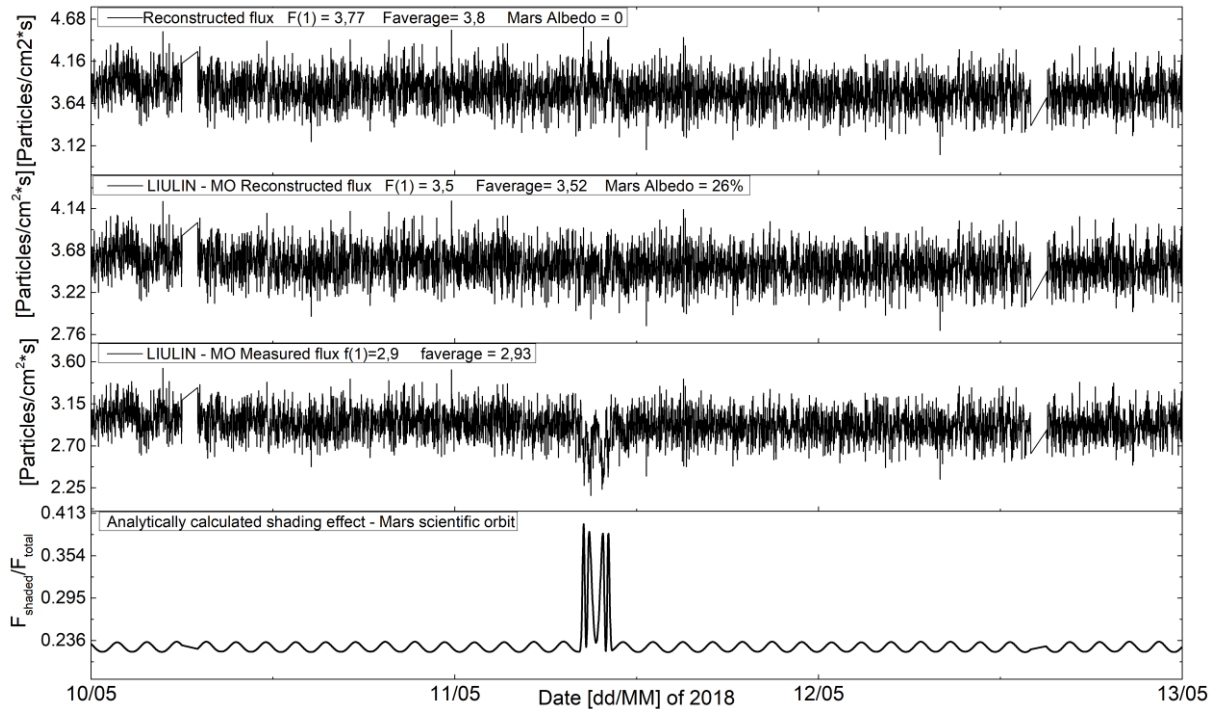
$$(6) \quad F(i) \text{ - максимална} = \frac{f(i)}{1 - K_{sh}(i)}$$

На фиг. 2 са показани измереният и реконструирани потоци ГКЛ за две различни стойности на  $F(1)$ . Когато  $F(1)$  е 3,5 частици/  $\text{cm}^2\text{s}$ , за средната стойност на потока ГКЛ в свободното пространство се получава 3,5 частици/  $\text{cm}^2\text{s}$ . Съответната стойност за албедото е 26%. Максималната средна стойност, която може да приеме потокът ГКЛ в свободното пространство е 3,8 частици/  $\text{cm}^2\text{s}$  и съответно нулево алbedo. Най-целесъобразната стойност за  $F(1)$  може да се избере на база статистически изчисления. Ако имаме измерванията на друга физична величина, която е в зависимост с реконструирания поток, то  $F(1)$  ще приеме тази стойност, която дава най-добра корелация между реконструирания поток и физичната величина.

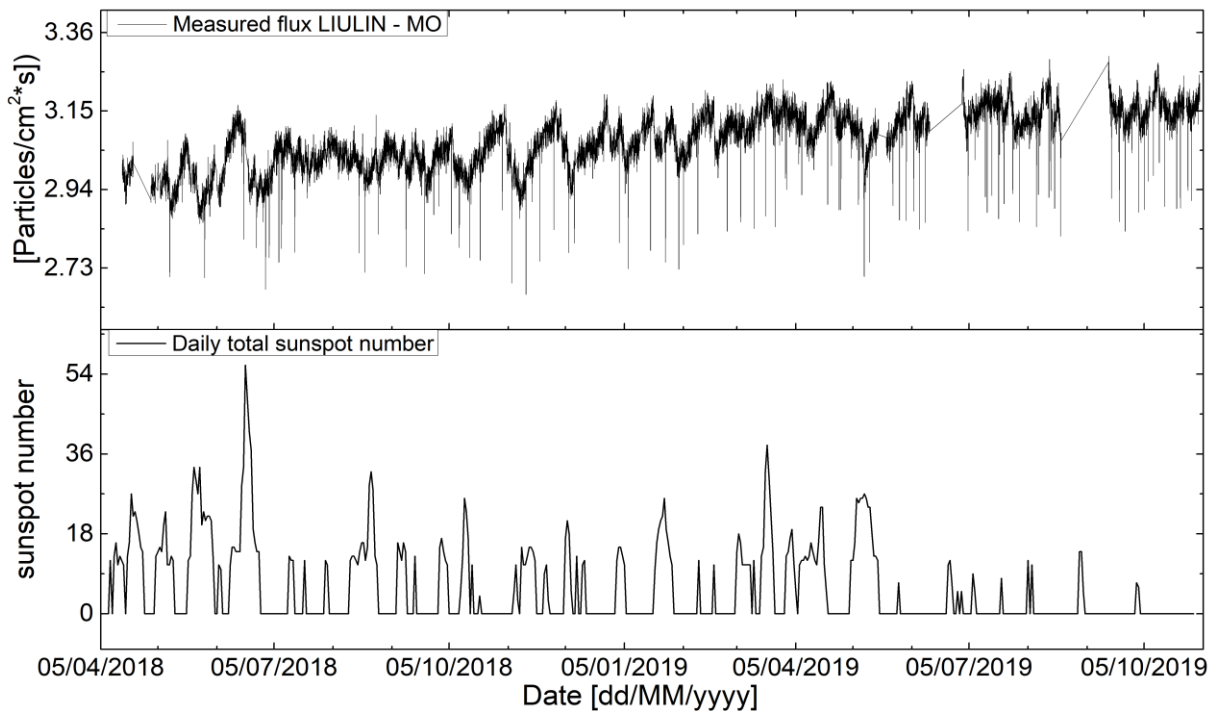
## Наблюдение и сравнение на редове от експериментални данни

На фиг. 3 е показана зависимостта на потока ГКЛ измерен от LIULIN-MO на научна орбита от броя слънчеви петна. Отчетливо се вижда обратната корелация между увеличението на потока и спада на броя слънчеви петна. Зависимостта и характера на кратковременните вариации на потока ГКЛ от слънчевата активност е подробно разгледана в [3].

## Заклучение



Фиг. 2. Реконструирани потоци ГКЛ на база направени измервания от LIULIN-MO



Фиг. 3. Времето изменение на потока ГКЛ в зависимост от броя слънчеви петна

Данните за потока ГКЛ получени от LIULIN–МО, който се намира на научна орбита около Марс се различават от тези за свободното пространство. Въпреки това направените разглеждания показват, че като цяло характера на времевия ред се запазва. Предложената методика позволява да се направи оценка за средната стойност на потока.

#### **Литература:**

1. Mitrofanov, I., Malakhov, A., Bakhtin, B., Golovin, D., Kozyrev, A., & Litvak, M. (2018, August). Fine Resolution Epithermal Neutron Detector (FREND) Onboard the ExoMars Trace Gas Orbiter. *Space Science Reviews*, 214(86). doi:org/10.1007/s11214-018-0522-5
2. Semkova, J., Koleva, R., Benghin, V., Dachev, T., Matviichuk, Y., Tomov, B., & Krastev, K. (2018). Charged particles radiation measurements with Liulin-MO dosimeter of FREND instrument aboard ExoMars Trace Gas Orbiter during the transit and in high elliptic Mars orbit. *Icarus*, 303, 53–66. doi:org/10.1016/j.icarus.2017.12.034
3. Алания М. В., Л. Х. Шаталашвили. (1974). Квазипериодические вариации космических лучей.