

# COSMIC RAYS GEOMAGNETIC THRESHOLDS DEPENDENCE ON THE PARAMETERS OF THE HELIO- AND GEOMAGNETOSPHERE DURING A 7-8 SEPTEMBER 2017 STORM

ЗАВИСИМОСТЬ ГЕОМАГНИТНЫХ ПОРОГОВ  
КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ОТ ПАРАМЕТРОВ  
ГЕЛИО- И ГЕОМАГНИТОСФЕРЫ ВО ВРЕМЯ  
БУРИ 7-8 СЕНТЯБРЯ 2017 Г

*O. A. Danilova, N. G. Ptitsyna,  
M. I. Tyasto, and V. E. Sdobnov*

*SPbFIZMIRAN, St. Petersburg, Russia  
Institute of Solar–Terrestrial Physics,  
Irkutsk, Russia*

*13<sup>th</sup> International Conference and School  
“Problems of Geocosmos”. 24-27 March, 2021.  
St. Petersburg, Russia.*

## ВВЕДЕНИЕ

**Введение:** Знание вариаций жесткостей геомагнитного обрезания (ЖГО,  $R$ ), или геомагнитных порогов космических лучей КЛ, в зависимости от параметров гео- и гелиомагнитосферы становится все более актуальным для безопасности космических аппаратов, их экипажей и авиаперевозок. Особенно важно исследование таких связей для периодов сильных магнитосферных возмущений.

**Цель работы:** Выявить параметры гео- и гелиосферы, которые контролируют вариации ЖГО ( $\Delta R$ ) во время мощной бури 7-8 сентября 2017 г., при помощи расчета соответствующих корреляций. Особое внимание мы уделили анализу корреляций во время каждой из трех фаз развития анализируемой бури: на предварительном этапе (перед бурей), в главной и восстановительной фазах бури, имея в виду, что контроль вариаций ЖГО параметрами гелио- и магнитосферы на разных фазах магнитной бури практически не изучен.

**Методы и данные:** ЖГО вычислялись для 6 разноширотных станций КЛ с использованием двух методов: (1) спектрографической глобальной съемки, при котором определение ЖГО ( $R_{\text{сгс}}$ ) базируется на наблюдательных данных сети нейтронных телескопов; (2) для определения ЖГО ( $R_{\text{эф}}$ ) численно рассчитываются траектории частиц в модельном магнитном поле магнитосферы. Рассчитаны коэффициенты корреляции ЖГО с общим ММП  $B$ , его компонентами  $B_z$  и  $B_y$ , электрическим полем  $E_y$ , плотностью  $N$ , скоростью  $V$  и давлением  $P$  СВ, а также с  $K_p$  и  $Dst$  индексами геомагнитной активности.

## Коэффициенты корреляции на масштабе всей бури. Сравнение результатов, полученных двумя методами:

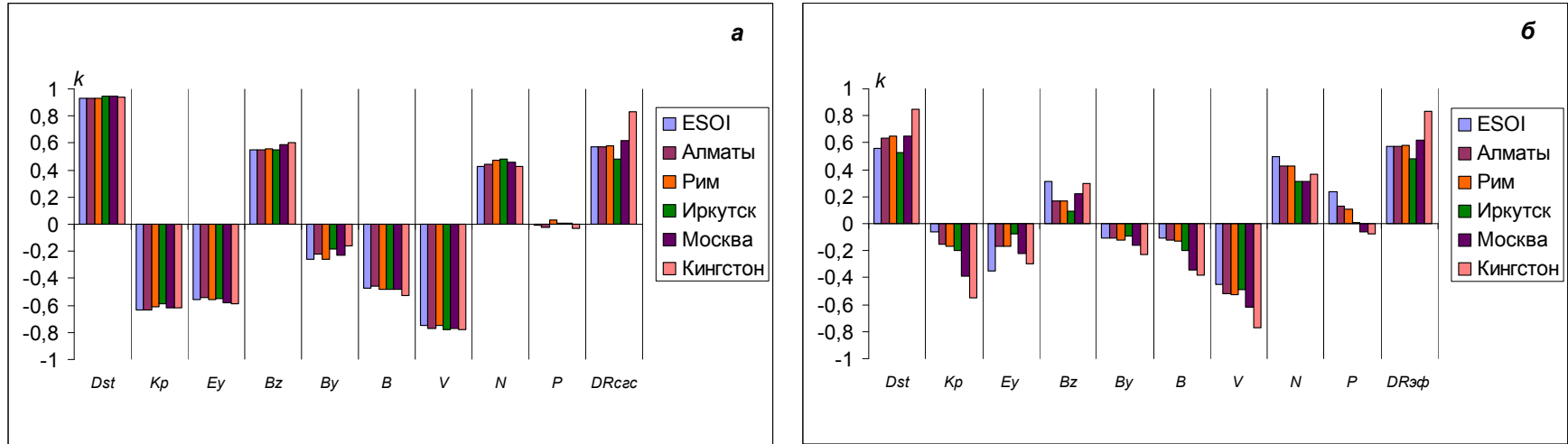
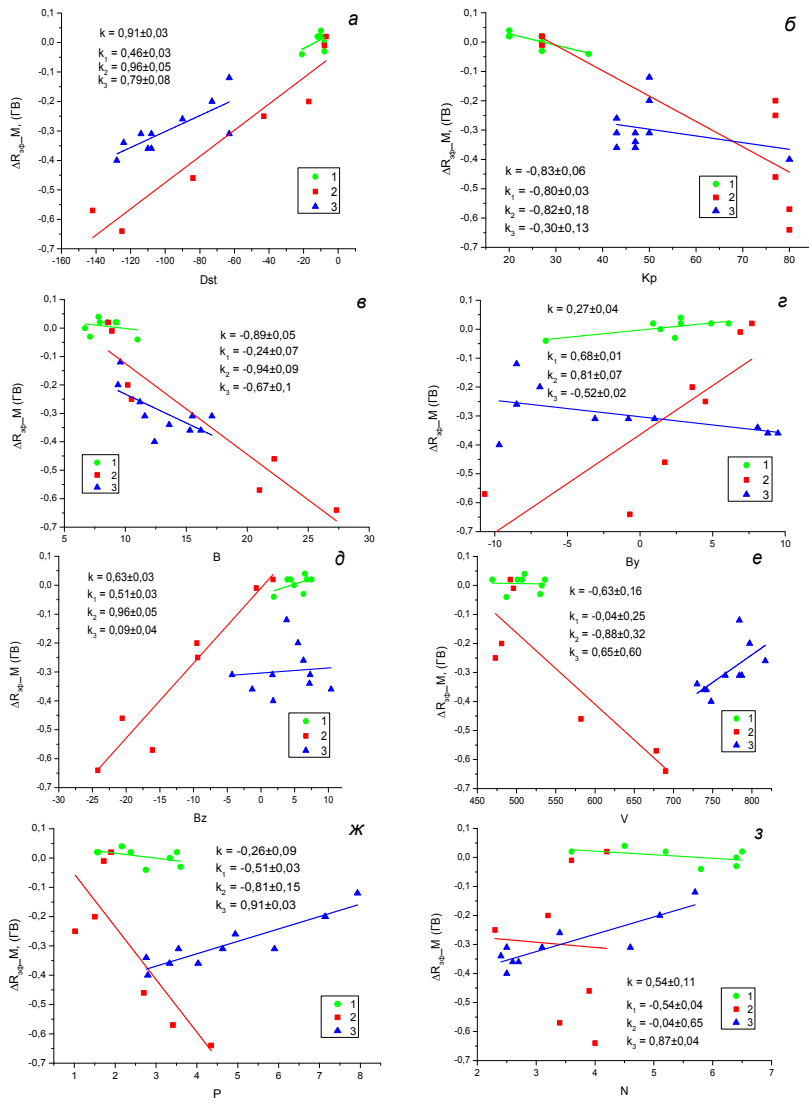


Рис.1. Корреляция параметров солнечного ветра и геомагнитной активности с вариациями модельной  $\Delta R_{эф}$  (а) и наблюдательной  $\Delta R_{сгс}$  (б) жесткости обрезания для 6 разноширотных станций КЛ.

- **Зависимость от широты.** Корреляция  $\Delta R_{сгс}$  с параметрами СВ и магнитосферы сильно зависит от широты, в то время как для  $\Delta R_{эф}$  широтный эффект практически не наблюдается.
- **Величина корреляции  $\Delta R$ , полученных разными методами, с параметрами гео и гелиосферы.** Коэффициенты корреляции  $k$  для наблюдательных  $\Delta R_{сгс}$  значительно меньше, чем для модельных  $\Delta R_{эф}$ , хотя корреляция между этими значениями довольно высокая (0.6–0.9)
- **Зависимость  $\Delta R$  от геомагнитной активности и солнечного ветра.** Наибольшая связь как для  $\Delta R_{эф}$ , так и для  $\Delta R_{сгс}$  обнаружена с *Dst*-индексом, для которого  $k$  лежит в пределах 0.80–0.95. Кроме того, для  $\Delta R_{эф}$  и  $\Delta R_{сгс}$  видна существенная связь со скоростью СВ  $V$ .
- **Зависимость  $\Delta R$  от ММП.** Некоторая корреляция  $\Delta R$  с магнитным и электрическим полем ( $B$ ,  $Bz$  и  $Ey$ ) видна только для  $\Delta R_{эф}$ .

# Корреляции для $\Delta R_{эф}$ на разных фазах (ст. Москва)



□ Ситуация меняется, если рассматривать корреляцию не на масштабе всей бури, а отдельно для разных фаз ее развития. Видно, что для большинства панелей корреляционные тренды имеют противоположный знак на разных фазах, из-за чего коэффициент корреляции  $k$  на масштабе всей бури может быть очень низким. В частности, на рис. 3ж видно, что давление  $P$ , оказывает большое влияние на  $\Delta R_{эф}$  на восстановительной ( $k_3=0.91$ ) и главной ( $k_2=-0.81$ ) фазах, но поскольку корреляция имеет противоположный знак, то для всей бури это влияние отсутствовало (см. рис. 1).

□ На всех фазах бури  $Dst$  существенным образом контролирует вариации  $\Delta R_{эф}$ :  $k_2=0.94$ , и  $k_3=0.79$ .

□ Кроме  $Dst$  наибольший вклад в  $\Delta R_{эф}$  на главной фазе вносит ММП, а именно отрицательная компонента  $Bz$  ( $k_2=0.96$ ) и общее поле  $B$  ( $k_2=-0.94$ ), а на восстановительной – динамические параметры солнечного ветра  $P$  ( $k_3=0.91$ ) и  $N$  ( $k_3=0.87$ )

Рис.2. Коэффициенты корреляции между  $\Delta R_{эф}$  и параметрами геомагнитной активности, ММП и СВ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- ❑ Наиболее сильная корреляция для бури 7-8 сентября 2017 г. наблюдается между  $\Delta R$  и  $Dst$ -индексом геомагнитной активности, что свидетельствует о том, что кольцевой ток играет главную роль в контроле вариаций жесткостей обрезания космических лучей во время этого возмущения.
- ❑ Чувствительность  $\Delta R$  к динамическим и магнитным параметрам межпланетной среды различна на разных фазах бури: на главной фазе превалирует влияние ММП, в частности  $B_z$  компоненты, а на восстановительной фазе – динамических параметров СВ, а именно, давления  $P$  и плотности  $N$ .
- ❑ Специфический отклик жесткости геомагнитного обрезания на изменения параметров гелиосферы и магнитосферы на разных фазах магнитной бури, по-видимому, определяется различным относительным вкладом магнитосферных глобальных токовых систем в эти периоды. Различная чувствительность  $\Delta R$  к параметрам СВ, ММП и геомагнитной активности на разных этапах магнитной бури связана с тем, что во время бури в ответ на изменения параметров СВ и ММП развиваются глобальные токовые системы (кольцевой ток вокруг Земли, токи на магнитопаузе, токи хвоста магнитосферы, токи в высоких широтах), которые эволюционируют во времени. При этом формирование, интенсификация и дальнейший распад этих токовых систем происходит не одномоментно, а на различных временных масштабах.