

# ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ФАКТОРЫ ГЕОЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК

**Иванов В.Г., Милецкий Е.В.**

*Главная астрономическая обсерватория РАН,  
Санкт-Петербург, Россия, solar1@gao.spb.ru*

## SPACE AND TIME FACTORS OF SOLAR FLARES GEO-EFFECTIVENESS

**Ivanov V.G., Miletsky E.V.**

*Central astronomical observatory of RAS, Saint-Petersburg, Russia, solar1@gao.spb.ru*

### **Abstract**

*The dependence of the geo-effectiveness of solar flares upon their distribution over the surface of the Sun is investigated. The intensities of  $H_{\alpha}$  flares were used as initial data. These data (more than 30000 flare events in time range 1980-1998) were divided into components according the ball and the space arrangement of the flare. The speed of the solar wind and indices aa, Kp, Dst were selected as parameters describing the level of the space weather perturbation. It is found that the average delay of the space weather perturbations with respect to the flare events is equal to about 2 days. It proved to be that not more than a third of the flares, even the most energetic ones of ball 3, essentially affect(s?) the space weather perturbations, with the most part of such geo-effective flares occurring in interval of solar longitude near the central meridian of the Sun ( $\pm 30^{\circ}$ ). No dependency was revealed between the geo-effectiveness of the flares and their longitudinal position. Qualitative relations are found between the parameters of flare activity and the perturbations of the space weather.*

Выяснение факторов, определяющих степень геоэффективности различных проявлений солнечной активности, является весьма актуальной, но все ещё не решенной проблемой солнечно-земной физики. Одними из наиболее важных факторов такого рода являются характеристики мощности и пространственной локализации солнечных явлений. Особое место среди таких явлений, из-за своей высокой геоэффективности, занимают солнечные вспышки. Так, в различных работах по исследованию степени геоэффективности солнечных вспышек [1-5] было показано, что вспышки центральной зоны чаще остальных вызывают возмущения космической погоды. Однако недавно были получены результаты [6-8], согласно которым пространственное распределение вспышек на видимой солнечной полусфере не влияет на их геоэффективность.

Цель настоящей работы состояла в том, чтобы на большом статистическом материале провести исследования степени влияния солнечных вспышек на возмущения космической погоды и геомагнитную активность, в зависимости от их интенсивности и расположения на диске Солнца.

Для этого с сервера Международного NGDC-центра данных ([ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR\\_DATA/SOLAR\\_FLARES/HALPHA\\_FLARES](ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SOLAR_FLARES/HALPHA_FLARES)) были взяты данные о гелиоцентрических координатах и баллах 31133 вспышек в линии  $H_{\alpha}$  за период 1980-1998 гг. Сначала было произведено их разделение на компоненты с учетом балла и пространственной локализации. При этом видимая поверхность Солнца была разбита на три зоны: центральную (С, гелиографическая долгота  $-30^{\circ} < \lambda < +30^{\circ}$ ), восточную (Е,  $\lambda < -30^{\circ}$ ) и западную (W,  $\lambda > +30^{\circ}$ ).

В таблице представлено распределение вспышек по баллам интенсивности и их зональному положению (в скобках указана доля вспышек соответствующего класса в процентах).

Таблица

	Е	С	W	Все долготы
Балл 1	9152 (29.0%)	9218 (30.1%)	7975 (25.6%)	26345 (84.7%)
Балл 2	1421 (4.6%)	1565 (5.0%)	1231 (4.0%)	4217 (13.6%)
Балл 3	197 (0.6%)	222 (0.7%)	152 (0.4%)	571 (1.7%)
Баллы 1-3	10770 (34.2%)	11005 (35.8%)	9358 (30.0%)	31133 (100%)

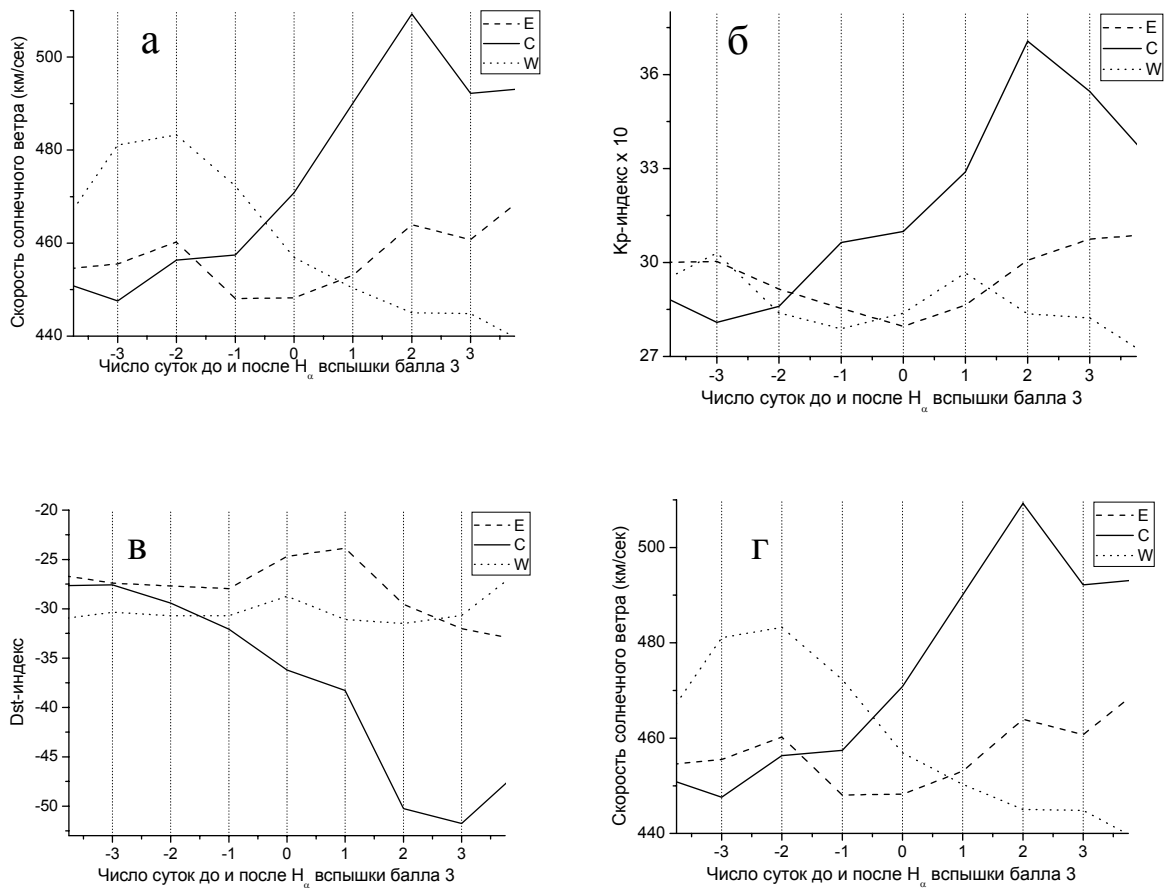
Видно, что для всех баллов число вспышек западной зоны несколько меньше, чем в двух других зонах. Хотя эффект дефицита статистически не значим, он вполне может быть реальным, обусловленным особенностями наблюдений вспышек.

Характеристиками, определяющими уровень возмущённости космической погоды и геомагнитной активности, служили величина скорости солнечного ветра (SW) и геомагнитные индексы aa, Kp, Dst, взятые за тот же период времени из базы OMNIWEB (<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/omniweb/form/dx1.html>).

Для aa-индекса использовались его трехчасовые и суточные значения, для остальных индексов — только суточные.

На рис. 1а изображено поведение aa-индекса вблизи моментов вспышек балла 3, усредненное по всем вспышкам. Видно, что вспышки от центральной части Солнца (непрерывная линия) вызывают геомагнитные возмущения примерно через двое суток, в то время как для вспышек вне её значимого эффекта не наблюдается. Аналогичная картина для Kp-индекса приведена на рис. 1б, а для Dst-индекса — на рис. 1в (в последнем случае следует учесть, что значения Dst во время геомагнитных возмущений уменьшаются). Для этих индексов геоэффективность вспышек около цен-

трального меридиана оказывается даже более выраженной. Наконец, на рис. 1г изображено поведение скорости солнечного ветра SW вблизи моментов вспышек балла 3.



**Рис. 1**

Итак, для всех четырех индексов наблюдается возмущение через двое суток после момента вспышки, которое, таким образом, соответствует характерному времени распространения возмущения от Солнца до орбиты Земли. Поэтому имеет смысл рассмотреть связи между вспышками и индексами вблизи этого момента максимальной геоэффективности. На рис.2 показаны количества вспышек различных баллов и местоположений, через два дня после которых происходит возмущение космической погоды. Под возмущением в данном случае мы понимаем переход суточного значения индекса космической погоды через некоторый выбранный порог, а именно —  $aa > 100$ ,  $Kp > 6.4$ ,  $Dst < -120$  и  $SW > 640$  км/сек. Можно заметить, что во всех случаях геоэффективность вспышек от центральной области Солнца (прямоугольники со сплошной заливкой) оказывается выше остальных. Кроме того, эффективность вспышек восточной зоны (плотная штриховка)

практически во всех случаях превышает их эффективность от западной (редкая штриховка).

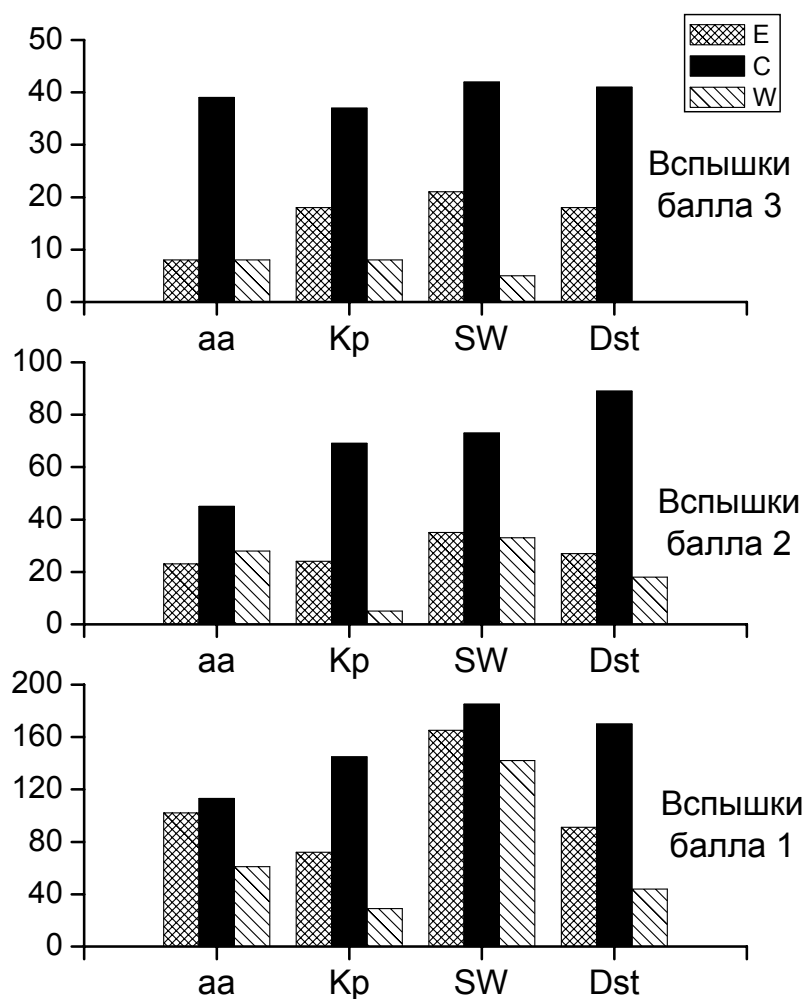


Рис. 2

Особенно заметна разница между геоэффективностями вспышек различных классов для возмущений индекса Dst. Для этого индекса, в частности, в рассматриваемый период вообще не имелось вспышек балла 3 из западной части Солнца, которые вызвали бы его снижение ниже выбранного порога. Проверка статистической значимости показывает, что у вспышек центральной зоны баллов 2 и 3 геоэффективность выше с уровнем надежности превышающим 95%.

Представляет интерес и вопрос о широтном распределении геоэффективных вспышек, которое мы рассмотрим на примере индекса Dst. На рис.6 приведены распределения вспышек разных баллов, за два дня, предшествующих возмущению индекса Dst, по поверхности Солнца. Видно, что концентрация геоэффективных вспышек вблизи центрального меридиана последовательно снижается при переходе от балла 3 к баллу 1. Ши-

ротное же распределение этих вспышек не отличается значительно от распределения всех вспышек без учета их геоэффективности.

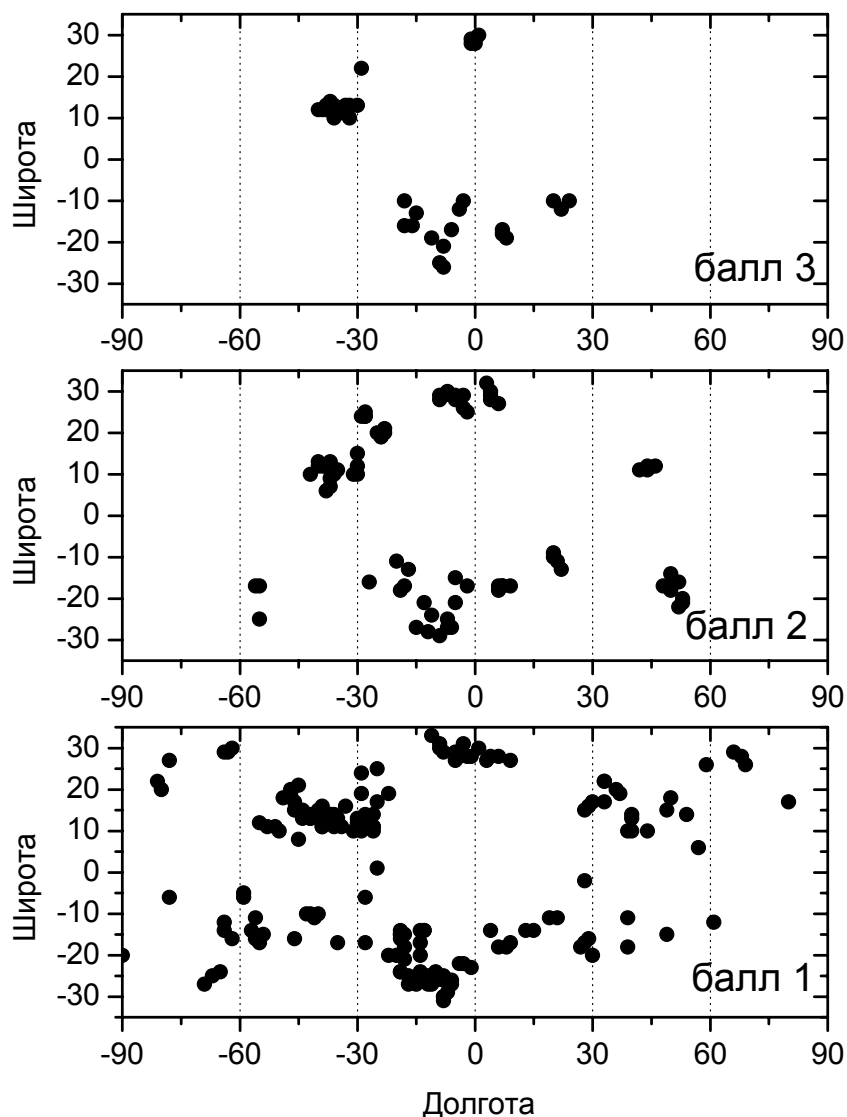


Рис. 3

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Интервал запаздывания возмущений космической погоды по отношению к вспышечным событиям составляет в среднем двое суток.

2. Не более трети даже наиболее мощных вспышек (балла 3) оказывает существенное воздействие на возмущения космической погоды.

3. Подтверждаются результаты, полученные в работах [1-5], о том, что значительная часть таких геоэффективных вспышек происходит в ге-

лиодолготном интервале вблизи центрального меридиана Солнца ( $-30^{\circ} < \lambda < +30^{\circ}$ ).

4. Геоэффективность вспышек не зависит от их гелиоширотного распределения.

Данная работа частично поддержана грантами INTAS 00-752 и РФФИ 01-07-90289.

### Литература

1. Богданова С.П., Пудовкин М.И. / Геомагнетизм и аэрономия. 2001. Т. 42. № 1. С. 1-3.
2. Иванов К.Г., Ромашец Е.П., Харшиладзе А.Ф. / Геомагнетизм и аэрономия . 1999. Т. 39. № 6 С. 3-13.
3. Пудовкин М.И., Богданова С.П. / Геомагнетизм и аэрономия. 2002. Т. 42. № 6. С. 723-726.
4. Bogdanova S.P., Pudovkin M.I. / Proc. of 4-th Int. Conf. on Problems of Geocosmos. 2002. SPb. P. 3-7.
5. Obayashi T. /in Sol-Terr. Physics Acad. Press. New-York. 1967. P.107.
6. Ермолаев Ю.И., Ермолаев М.Ю. / Солнечно-земная физика. 2002. Вып. 2. С. 54–56.
7. Ермолаев Ю.И., Ермолаев М.Ю. / Космические исследования. 2002. Т. 40. № 1. С. 3.
8. Ермолаев Ю.И., Ермолаев М.Ю. / Космические исследования. 2003. Т. 41. № 2. С. 115-119.