

СОЛНЕЧНЫЕ ВСПЫШКИ В МЯГКОМ РЕНТГЕНЕ,  
ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫЕ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ «КОРОНАС-Ф»

В.М. Панков, В.Л. Прохин, Н.Г. Хавенсон, А.А. Гусев

SOFT X-RAY SOLAR FLARES OBSERVED DURING THE CORONAS-F EXPERIMENT

V.M. Pankov, V.L. Prokhin, N.G. Khavenson, A.A. Gusev

Спектрометр РПС-1 на борту ИСЗ «Коронас-Ф» регистрировал солнечный рентген в диапазоне 3–31.5 кэВ с помощью детектора из теллурида кадмия. В статье представлены описание прибора и некоторые результаты наблюдения слабых солнечных вспышек.

The spectrometer RPS-1 aboard Coronas-F has measured the solar X rays in the range of 3–31.5 keV using a detector made from CdTe. In the paper, we describe the instrument and some results of the observation on weak solar flares.

**Спектрометр РПС-1**

Детектор на основе CdTe [1], примененный впервые в эксперименте на ИСЗ, имеет высокую эффективность регистрации и радиационную стойкость, необходимую в длительных экспериментах в космосе. Площадь детектора – 46 мм<sup>2</sup>, толщина – 1.4 мм; рабочее напряжение 100 В; энергетическое разрешение – 0.88 кэВ (13.87 кэВ Am<sup>241</sup>), потребление – 8.5 Вт, масса – 1.8 кг. Ширина первых 12 каналов (3–9 кэВ) – 0.5 кэВ; следующих 12 – 1 кэВ, последних 8 (21–31.5 кэВ) – 1.3 кэВ. Время набора спектра в 32 каналах – 16 с.

**Типы событий**

На рис. 1 показаны вариации скорости счета, вызванные серией слабых вспышек класса В и прохождением радиационного пояса Земли 2 мая 2005 г. на 21165-м обороте спутника. Цифры около пиков кривой для энергий 3–5 кэВ указывают интенсивности излучения в максимуме развития вспышек в 10<sup>7</sup> Вт/м<sup>2</sup>. Временные профили вспышек также ясно видны на кривой для 5–8 кэВ. Счет в канале 8–16 кэВ невысок, он виден на рисунке, но не отмечен. Все вспышки произошли в одной активной области с координатами S08 E83 или вблизи нее. Магнитосферные события представляют интерес для изучения потоков высывающихся частиц с энергиями в несколько кэВ и их пространственного распределения, что также важно для обеспечения радиационной безопасности аппаратурой снаружи ИСЗ и исследования солнечно-земных связей.

**Временные и спектральные характеристики вспышек**

Регистрируемые вспышки обладают специфическими временными и спектральными характеристиками. На рис. 2 представлено несколько событий, зарегистрированных 13 октября 2004 г. Первая вспышка соответствует слабой вспышке B1.0, зарегистрированной GOES. Два последующих увеличения также зарегистрированы GOES, но не вошли в каталог. Максимальные скорости счета в каналах 3–5 и 5–8 кэВ для первого и третьего событий (моменты 2 и 5) и их спектры одинаковы. Поэтому третью вспышку мы также идентифицировали как вспышку класса B1.0. Второе событие с меньшей амплитудой может быть отнесено к классу A с максимальной мощностью 10<sup>7</sup> Вт/м<sup>2</sup>. Хорошее спектральное разрешение прибора дает возможность определения температуры

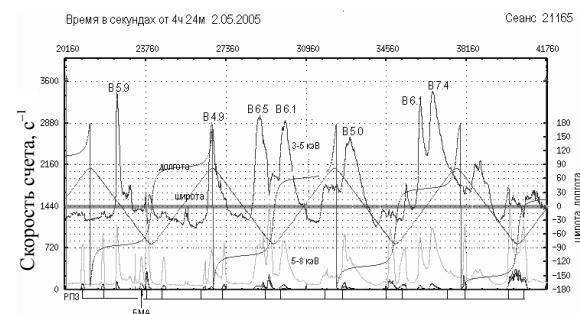


Рис. 1. Скорости счета РПС-1 на витке орбиты 21165, 02.05.2005 г. Серия солнечных вспышек класса В и реакция прибора на прохождение через районы РПЗ.

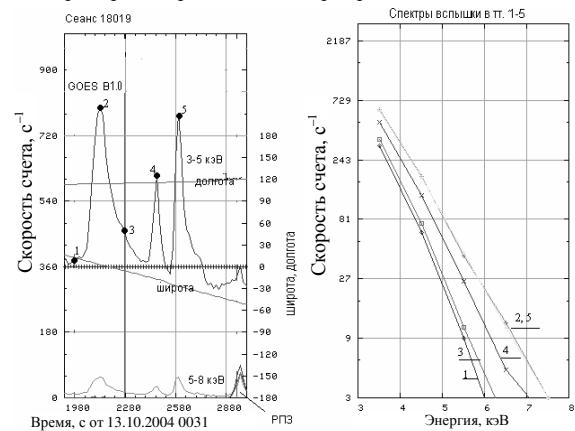


Рис. 2. Временные профили в каналах 3–5, 5–8 кэВ и спектры в точках 1–5 трех вспышек, зарегистрированных 13.10.2004 г.

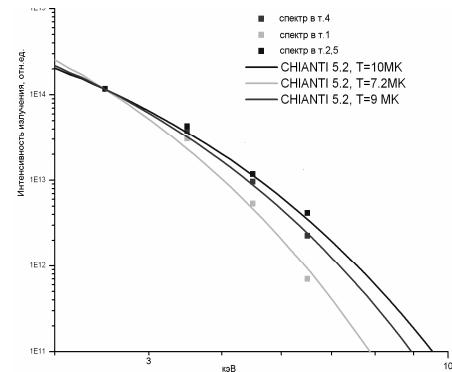


Рис. 3. Сравнение спектров на рис. 2 с моделью CHIANTI 5.2.

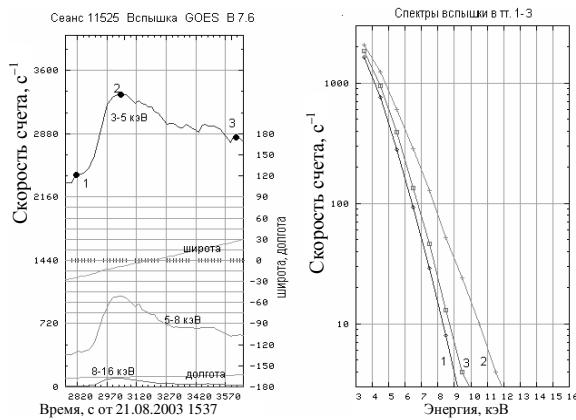


Рис. 4. Временные профили в каналах 3–5, 5–8, 8–16 кэВ и спектры в точках 1–3 вспышки класса B7.6, зарегистрированной 21.08.2003 г.

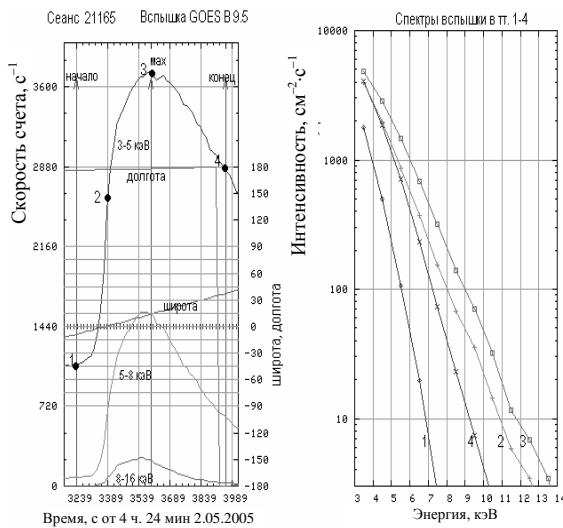


Рис. 5. Временные профили в каналах 3–5, 5–8, 8–16 кэВ и спектры в точках 1–3 вспышки класса B9.5, зарегистрированной 02.05.2005 г.

в источнике прямым сравнением формы спектра с моделями. Например, с CHIANTI 5.2, как это показано на рис. 3.

На рис. 4 представлены временной профиль и спектры мощной зарегистрированной вспышки класса B7.6 21 августа 2003 г. Вспышка развивалась на уровне более интенсивного и жесткого рентгеновского фона и имела характерный продолжительный спад и более жесткий спектр по сравнению со вспышкой на рис. 2. Вспышка класса B9.5 (рис. 5) зарегистрирована 2 мая 2005 г. при довольно низком уровне фона. Начало, максимум и конец вспышечного возрастаия отмечены по данным GOES (моменты 1, 3 и 4). Еще.

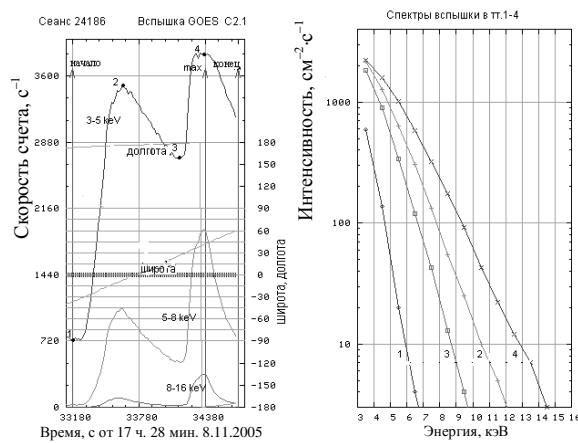


Рис. 6. Временные профили в каналах 3–5, 5–8, 8–16 кэВ и спектры в точках 1–3 вспышки класса C2.1 08.11.2005 г.

более мощная вспышка класса C1.2 с максимальной энергией  $1.2 \cdot 10^{-6}$  Вт/м<sup>2</sup> (рис. 6) зарегистрирована 8 ноября 2005 г. при довольно низком уровне фона. Наблюдались два максимума во временном профиле вспышки. Спектр во втором максимуме более жесткий, чем в первом. Более энергичный рентген с энергией 8–16 кэВ пришел с опозданием на 1 мин после начала вспышки. Во втором максимуме более энергичные кванты появились у Земли практически одновременно.

### Заключение

В эксперименте на «Коронас-Ф» прибором РПС-1 получены детальные спектральные и временные характеристики слабых вспышек в мягком рентгене, позволяющие исследовать динамику температуры в источнике. Жесткость спектра в максимуме вспышки и интенсивность фона растут с увеличением класса вспышки и уровня солнечной активности. Вблизи максимума активности интенсивность фонового излучения увеличивалась более чем на порядок, а максимальная энергия возрастала от 6 до 20 кэВ. Стабильность функционирования прибора в течение четырех лет жизни КА показывает, что этот тип детектора может быть использован для долговременного мониторинга Солнца и других источников.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панков В.М., Прохин В.Л., Шкурин Ю.Г. и др. Рентгеновский полупроводниковый (CdTe) спектрометр для исследований солнечных вспышек и их предвестников // Изв. вузов. Радиофизика. 1996. Т. 34, № 11–12. С. 1500–1505.

Институт космических исследований РАН, Москва