Рентгеновский спектрометр ИРИС и измерение характеристик рентгеновского излучения Солнца с его помощью.

Г.Е. Кочаров, Ю.Е. Чариков, В.П. Лазутков, Г.А. Матвеев, Ю.Н. Ницора, М.И. Савченко, Д.В. Скородумов

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РА, Россия, Санкт-Петербург

Прибор ИРИС является высокочувствительным рентгеновским спектрометром, регистрирующим интегральное рентгеновское излучение Солнца. В качестве детектирующих элементов в нем использованы пропорциональные и сцинтилляционные счетчики большой площади. Высокая чувствительность прибора позволяет регистрировать с его помощью рентгеновские предвестники вспышек и слабые вспышки, а также тонкую временную структуру жесткого рентгеновского излучения в импульсной фазе солнечных вспышек.

Спектрометр ИРИС регистрирует излучение в диапазоне 2 - 210 кэВ. В качестве детектора мягкого рентгеновского излучения (2 - 14 кэВ) используются два пропорциональных счетчика с бериллиевым входным окном толщиной 0,15 мм, наполненные чистым ксеноном. Каждый детектор в едином газовом объеме имеет четыре секции с площадью окна 10 см^2 каждая. Для детектирования жесткого рентгеновского излучения (14 - 200 кэВ) используются два сцинтилляционных счетчика с кристаллами CsI(Na), диаметром 80 мм и толщиной 15 мм.

Электроника прибора обеспечивает три режима работы: два режима измерений - "Патруль" и "Всплеск", а также полетную калибровку энергетических порогов - режим "Калибровка". В режиме "Патруль" прибор работает постоянно с момента подачи на него питания. При этом излучение регистрируется в двенадцати энергетических каналах с временным разрешением 2,5 сек. Переключение с одного режима на другой производится на борту автоматически в зависимости от интенсивности падающего излучения. Во всплесковом режиме регистрация производится в шестидесяти четырех энергетических каналах с временным разрешением 1 сек. и в четырех энергетических каналах (19 - 150 кэВ) с временным разрешением 0,01 сек. Кроме этого, имеется возможность при сильной загрузке пропорциональных счетчиков переключать спектрометрический тракт на секцию с малым окном - по одной секции в каждом пропорциональном детекторе закрыты диафрагмами, уменьшающими входное окно примерно в сто раз. Все это позволяет расширить динамический диапазон и производить более детальные измерения характеристик рентгеновского излучения во время мощных вспышек. В режиме "Калибровка" по каналам прибора выводятся линии реперных источников, установленных на детекторах: для пропорциональных счетчиков - это радиоактивные источники Fe^55, а для сцинтилляторов - термостабильные светодиоды на основе карбида кремния.

Прибор был установлен на АУОС "КОРОНАС-И", запущенной на орбиту в марте 1994 г. С учетом фона на орбите чувствительность прибора составила: в мягком диапазоне (2 - 15 кэВ) 10^-6 эрг/см^{2}с, в жестком диапазоне - 10^-8 эрг/см^{2}с.

Специальные меры, предпринятые при изготовлении пропорциональных счетчиков, направленные на обеспечение чистоты газового наполнения, позволили сохранить неизменность характеристик прибора на протяжении всего полета в условиях высоких радиационных загрузок (количество зарегистрированных импульсов составляет более $10^{1}1$) [Кузьминов, Альперович]. Обработка полученной информации проводилось в два этапа. На первом этапе с помощью пакета программ экспресс-обработки данных производилось декодирование телеметрической информации и её визуальный просмотр в диалоговом режиме с целью предварительного отбора событий предположительно солнечного происхождения. На втором этапе с помощью специально разработанной нами программы проводился расчет спектральных параметров рентгеновского излучения солнечных вспышек, зарегистрированных прибором ИРИС. Расчет проводился по итерационной процедуре для двух моделей генерации излучения: для теплового тормозного излучения плазмы [Crannel], и для тормозного излучения ускоренных электронов (показательный спектр). Для выбора модельных параметров, наиболее подходящих зарегистрированному экспериментальному спектру, в каждой отдельной точке (время набора спектров - 2,5 сек. в режиме "Патруль" и 1,0 сек. в режиме ¡Всплеск¿) использовались метод хи^2 и метод максимального правдоподобия. При расчете учитывались аппаратурная трансформация спектра, связанная с зависимостью эффективности регистрации излучения и энергетического разрешения детекторов от энергии квантов, зависимость характеристик детекторов от уровня скорости счета, температуры и т.п., исследованные при наземных калибровках. Энергетические спектры, полученные с помощью прибора ИРИС, позволяют исследовать динамику изменения меры эмиссии и температуры вспышечной плазмы. Для всех рассмотренных нами вспышек температура достигает наибольших значений на переднем фронте или в максимуме рентгеновских всплесков, а мера эмиссии ведет себя противоположным образом, что может указывать на неадиабатический характер нагрева. В некоторых случаях, когда максимальная температура, наблюдавшаяся на переднем фронте, значительно превосходила температуру в максимуме интенсивности излучения, параметры методов хи^2 и максимального правдоподобия указывают на отклонения вида спектра на передних фронтах от спектра теплового тормозного излучения плазмы. Возможно, на тепловое излучение в это время накладывается излучение ускоренных электронов, или в излучающей плазме имеются области, существенно отличающиеся по температуре.

Литература

Кузьминов В.В., Янц В.Э., ПТЭ, 1997, 3, с. 146-147

Альперович В.Р., Ильин А.С., Морговский Л.Я., ПТЭ, 1973, 1, с, 73-74

Crannel C.J., Frost K.J., Matzler C., Ohki K., Saba J.L., Astrophys. J., 1978, v. 223, p.620

Ораевский В.Н., Кочаров Г.Е. и др., Исследование рентгеновского излучения Солнца с помощью аппаратуры "ИРИС" на борту орбитальной станции "КОРОНАС-И". Препринт ФТИ им. А.Ф. Иоффе 1672